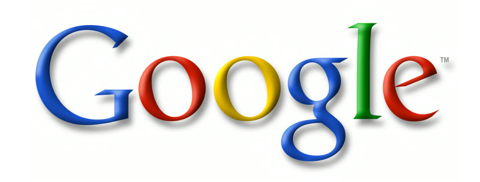
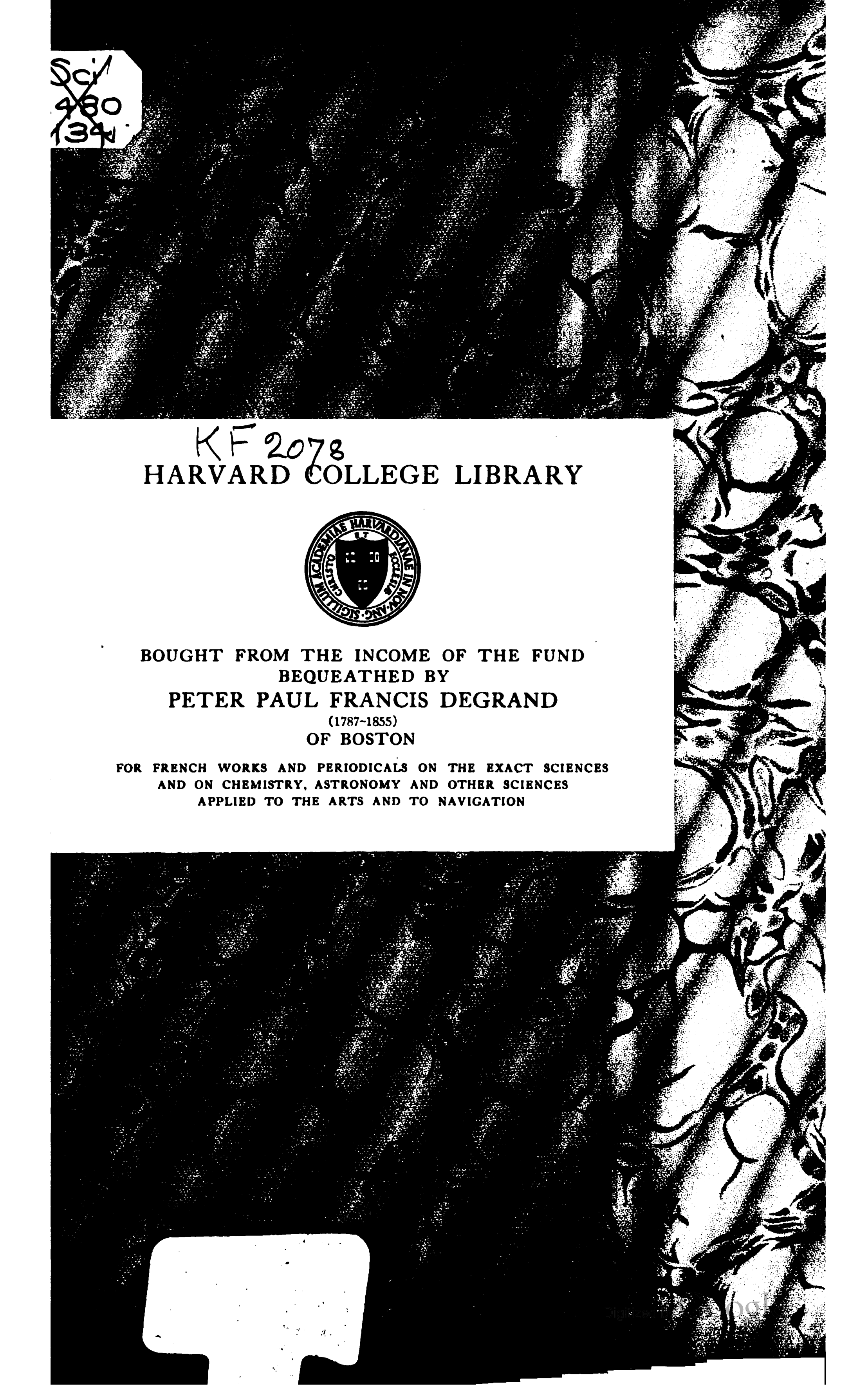




Sci 480 134
KF 2078
HARVARD COLLEGE LIBRARY
BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON
FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les Discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le Bulletin.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860.

ANNÉE 1876

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

EUGÈNE LACROIX, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

RUE DES SAINTS-PÈRES, 54.

1876

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES

1876

Membres du Bureau.

Président :

M. Richard (Jean-Louis) ✻, rue Billault, 31.

Vice-Présidents :

MM. De Dion (Henri), O. ✻, rue de Moscou, 28.
Mathias (Félix), ✻ O. ✻ ✻ ✠ ✻, rue de Dunkerque, 20.
Goschler (Charles), O. ✻, rue de Presbourg, 17.
Arson (Alexandre), ✻, rue de Bourgogne, 40.

Secrétaires :

MM. Mallet (Anatole), rue de Larochefoucauld, 30.
Badois (Edmond), rue Blanche, 12.
Tresca (Alfred), rue Saint-Martin, 292.
Rey (Louis), ✻, rue d'Auteuil, 52.

Trésorier :

M. Loustau (G.) ✻ ✻ ✠ ✻, rue de Dunkerque, 20.

Membres du Comité.

MM. Farcot (Joseph) ✻, au port Saint-Ouen.
Forquenot (Victor) ✻, boulevard Saint-Michel, 24.
Desgrange, ✻ C. ✠ ✻ ✻, boulevard Haussmann, 135.
Marché (Ernest), rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 4.
Brüll (Achille), rue de Bruxelles, 44.
Demimuid (René), ✠, rue de Rennes, 65.
Périssé (Jean), rue Boursault, 59.

MM. Chobrzynski (Jean), ❋ ✻, boulevard Magenta, 139.
Chabrier (Ernest) ❋, avenue du Coq, 4.
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
Morandière (Jules), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Caillaux (Alfred), rue Saint-Jacques, 240.
Barrault (Émile), boulevard Saint-Martin, 17.
Vée (Léonce), rue de Rome, 61.
Ermel (Frédéric), ✻ ❋, cité des Fleurs, 54.
Dallot (Auguste) ❋, rue de Douai, 17.
Ronna (Antoine) ❋ ❋ ✻, boulevard Haussmann, 25.
Rubin (Arthur), rue de Douai, 3.
Courras (Philippe), boulevard des Batignolles, 58.
Mayer (Ernest), ❋, rue Moncey, 9.

Anciens Présidents.

MM. Alcan (Michel) O. ❋, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.
Callon (Charles) ❋, rue de Birague, 16.
Jordan (Samson) ❋, boulevard Malesherbes, 154.
Lavalley, O. ❋ ✠, rue Murillo, 18.
Love (Georges), ❋, rue Baudin, 21.
Molinos (Léon) ❋, rue de Châteaudun, 2.
Mony (Stéphane), O. ❋, à Commentry (Allier).
Muller (Émile) ❋, rue des Martyrs, 19.
Salvetat (Alphonse) ❋ ✻ ❋, à Sèvres (Manufacture nationale).
Yvon-Villarceau ❋ ❋ ✠, avenue de l'Observatoire, 18.

Présidents honoraires.

MM. Morin (le général), G. C. ❋ ❋ ✻ ❋, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.
Tresca (Henri), O. ❋ ✠ ✻ ❋, sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.
Vuillemin (Louis), ❋ O. ❋ ✠ ✻, rue de Vigny, 1.

Membres honoraires.

MM. Dumas, G. C. ✱, membre de l'Institut, rue Saint-Dominique, 69.

Engerth (Guillaume), le chevalier C. ✱ ✱ ✱ ✱, conseiller aulique, sénateur, directeur-adjoint de la Société autrichienne Impériale et Royale des chemins de fer de l'État, à Vienne (Autriche).

Reymond Rossiter, W. C. E. Esq. president of the American Institute of Mining Engineers, 27, Park place (New-York).

Sella Quintius (le commandeur), ingénieur en chef au corps des mines, député au Parlement, à Rome (Italie).

Hawkshaw (sir John) (le chevalier), 33, Great-George-Street-Westminster, Londres (Angleterre).

Membres sociétaires

A

MM. Aboilard (François-Auguste-Théodore), à Corbeil (Seine-et-Oise).

Achard (François-Ferdinand), rue de Provence, 60.

Adcock (François-Louis), 5, Lower Woodland Terrace Charlton-Woolwich (Kent), Angleterre.

Adhémar (Léon-Philippe), attaché aux houillères de Commentry. rue Lavoisier, 22.

Agnès (Antony), C. ✱, boulevard Beaumarchais, 7.

Agudio (Thomas) ✱, rue de l'Arsenal, 17, à Turin (Italie).

Aivas (Michel), O. ✱ ✱, rue des Trois-Frères, 21, à Villemomble (Seine).

Albaret (Auguste) ✱, constructeur de machines agricoles, à Liancourt (Oise).

Albaret (Eugène), rue Legendre, 43 (Batignolles).

Alby (Joseph) ✱, chef de division de l'entretien du chemin de fer de la haute Italie, à Turin (Italie).

Alcan (Michel) O. ✱, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.

Allaire (Théodore-Émile), chimiste, rue Rivay, 20, à Levallois.

Alquié (Auguste-François) ✱, rue de Maubeuge, 81.

Alziari de Malaussène (François), inspecteur de l'exploitation au chemin de fer du Nord, rue Saint-Louis, 75, à Amiens (Somme).

MM. Ameline (Auguste-Eugène), rue Truffaut, 52, à Batignolles.
Andelle (Jules-Georges), sous-directeur des verreries, à Épinac (Saône-et-Loire).
André (Gaspard-Louis), boulevard de Port-Royal, 83.
André (Charles-Henri), rue du Manége, 10, à Nancy (Meurthe).
Andry ✱, à Boussu, près Mons (Belgique).
Angevère (Marcel-Jules), hôtel de l'Europe, à Pest (Hongrie).
Ansaloni-Amilcar (Jean-Antoine), à Selles-sur-Cher (Loir-et-Cher).
Ansart (Ernest), professeur à l'Institut de Santiago (Chili).
Anthoni (Charles-Gustave), constructeur de matériel pour la carrosserie, rue Fouquet, 38, à Levallois-Perret.
Appert (Léon), produits vitrifiés, rue de l'Ourcq, 59, à la Villette.
Aquin (d') (Thomas), directeur des forges de Moyeuvre (Alsace-Lorraine).
Arbel (Lucien), maître de forges, à Rive-de-Gier (Loire).
Arbulu (de) (José Maria), rue de la Silhouette, 22, à Biarritz (Basses-Pyrénées).
Arcangues (d') (Paul-Eugène) ✱, rue de Dunkerque, 18.
Armengaud aîné ✱, rue Saint-Sébastien, 45.
Armengaud aîné fils (Charles-Eugène), rue Saint-Sébastien, 45.
Armengaud jeune ✱, boulevard de Strasbourg, 23.
Armengaud jeune fils (Jules-Alexis), boulevard de Strasbourg, 23.
Arnoldi (Jules), à Pest (Hongrie).
Arson (Alexandre) ✱, rue de Bourgogne, 40.
Artus (Jules), boulevard Beaumarchais, 20.
Asselin (Eugène), chimiste, rue des Poissonniers, 3 (Saint-Denis).
Atkins (Francis-Henri), 62, Fleet street Londres (Angleterre).
Audemar (Henri), à Dôle (Jura).
Auderut (Francisque-Henri), ingénieur, chez MM. Petin et Gaudet, à Saint-Chamond (Loire).
Aylmer (John), rue de Naples, 4.

B

MM. Badois (Edmond), rue Blanche, 12.
Baillet (Gustave), rue de Villiers, 22, aux Ternes.
Balestrini, pavillon de Rohan, rue de Rivoli.
Bancilhon (Émile), ingénieur aux mines de Mœsi, Sicile (Italie).
Banderali, O. ✱, rue Clauzel, 22.
Bandholtz (Frédéric), chef de section au chemin de fer des Charentes, à Blaye (Gironde).
Bara, rue de Magenta, 17, à Pantin.

MM. **Barbaroux** (Marie-Ferdinand-Auguste), avenue de Madrid, 13, à Neuilly.

Barbe (Paul), maître de forges, villa Montmorency, place du Square, 4, à Auteuil.

Barberot (Félix), ✱ C. ✱, avenue de Clichy, 19, à Batignolles.

Barbier (Ernest), rue de Laval, 9.

Barnes (Edmond) ✱, the Pentewan Railway and Harbour Company (limited), Engineers Office. (Saint Austell, Cornwall (Angleterre).

Barnoya (Luis), ingénieur-mécanicien de la division de Ferro-Carriles Fonda Peninsular, à Barcelona (Espagne).

Barrault (Émile), ingénieur conseil en matières de brevets d'invention, boulevard Saint-Martin, 17.

Barré (Frédéric-Henri), chef de section, service de la voie du chemin de fer du Nord, à Saint-Quentin (Aisne).

Barre (Raoul-Eugène), rue Singer, 2, à Passy.

Barre (Charles-Armand-Athanase), ingénieur de la Société des hauts fourneaux et fonderie de Brousseval, place Pereire, 1.

Barros Barreto (de) Manuel, ingénieur en chef du contrôle du chemin de fer de Récife à San Francisco, à Pernambuco (Brésil).

Barroux (Léon) ✱, à Troyes (Aube).

Barthélemy (Henry), architecte, quai Voltaire, 3.

Basset (André-Louis), rue d'Aumale, 10.

Battaille Straatman (Jean), rue Royale, 135, à Bruxelles (Belgique).

Battarel (Pierre-Ernest), rue de Cambrai, 3, à la Villette.

Baudet (Louis-Constant-Émile), rue du Rocher, 64.

Baudouin ✱, palazzo Maddaloni, à Naples (Italie).

Baumal (Henri) ✱, rue de Londres, 51.

Bauquel (François-Auguste), à Cirey (Meurthe).

Bayvet (Gustave), boulevard Haussmann, 82.

Bazaine (Achille-Georges), rue de Bruxelles, 42.

Beaucerf ✱, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

Beaumetz-Dujardin (François-Paul-J.), à Montmorillon (Vienne).

Beaupré (Eugène), filateur à Masnières, près Cambrai (Nord).

Bélanger (Charles-Eugène) G. ✱ ✱, rue de Bourgogne, 40.

Béliard (Georges-Alfred), directeur de l'atelier de M. Decauville, à Petit-Bourg, par Évry (Seine-et-Oise).

Bélin (Pierre-Ernest), cité des Fleurs, 36 (Batignolles).

Bellet (Henri-Nicolas), au chemin de fer du Nord belge, à Charleroi (Belgique).

Belleville (Julien-François) ✱, constructeur, avenue Trudaine, 16.

Bellier (Adolphe) ✱ ✱, chef de la division centrale au chemin de fer du Midi, cours d'Alsace-et-Lorraine, 101, à Bordeaux (Gironde).

Belpaire (Alfred), ingénieur en chef à Bruxelles (Belgique).

Bénédic-Fribourg (Henri-Georges), avenue Niel, 14.

MM. Benoît (René), ingénieur chez MM. Rattier et Compagnie, à Bezons (Seine-et-Oise).
Benoît-Duportail (Armand-Camille) ✻, rue Lacondamine, 100.
Berendorf (Joseph), constructeur, avenue d'Italie, 75.
Berenger (Jean-Alexandre), 11, Tarlsgosse, à Vienne (Autriche).
Berger (Jean-Georges), chez M. André, à Thann (Alsace).
Bergeron, rue de Penthièvre, 26.
Bernard, ingénieur de la voie au chemin de fer du Nord, à Namur (Belgique).
Bertheault (William), directeur des forges de Montataire (Oise).
Berthier (Camille), fabricant de tuiles et briques, à La Ferté-Saint-Aubin (Loiret).
Berthot (Pierre), à la papeterie du Pont-de-Seychal, à Thiers (Puy-de-Dôme).
Berton (Albert-Adrien), cité Bergère, 2.
Berton (Théodore), rue Saint-Martin, 30, à Versailles (Seine-et-Oise).
Bertrand (Alfred-Pierre-Joseph), filateur, à Cambrai (Nord).
Bertrand (Charles-Pierre), boulevard Beaumarchais, 69.
Bertrand (Gustave), rue Bonaparte, 82.
Béthouart (Alfred-Auguste), à Chartres (Eure-et-Loir).
Beudin (Gustave), chaussée d'Antin, 66.
Beugniot (Jean) ✻ ✻, associé de la maison Kœchlin, à Mulhouse (Alsace).
Bévan de Massy (Henri), C. ✻ C. ✻, rue Lavoisier, 5.
Bianchi ✻ ✻, rue de Rennes, 154.
Biarez (Alfred-Louis-P.), quai de la Guillotière, 33, à Lyon (Rhône).
Bidou (Léon-Auguste-Clément) ✻, Montepulciano, province de Sienne (Italie).
Billieux (J.-Achille) ✻, rue de la Condamine, 1.
Binder (Charles-Jules) ✻. boulevard Haussmann, 170.
Bippert, rue des Petites-Écuries, 42.
Birlé (Albert), rue de Lonchamps, 24, à Neuilly (Seine).
Biver (Hector) ✻, rue du Cherche-Midi, 21.
Biver (Pierre-Ernest-Dominique), rue de la Darse, 10, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Bixio (Maurice), quai Voltaire, 17.
Blake (David) ✻, à Dieppe (Seine-Inférieure).
Blanche (Auguste), quai National, 3, à Puteaux.
Blanco (Juan-Maria), plaza de San-Francisco, 3, à San Lucar de Barrameda (Espagne).
Blanco Sanches (Joaquin), C. ✻ ✻, ingénieur des ponts et chaussées, à Santander (Espagne).
Blanleuil (Jean-Victor), entrepreneur de travaux publics, à Angoulême (Charente).

MM. Blard (Alexandre-Louis), rue de Rivoli, 226.
Bleynie (Martin), rue de Lyon, 20.
Blétry (Alphonse-Edmond), office des Brevets d'invention, rue des Filles-du-Calvaire, 6.
Blétry (Constant-Pierre-Alexandre), office des Brevets d'invention, rue des Filles-du-Calvaire, 6.
Blonay (de) (Henri), ingénieur consultant, à Lausanne (Suisse).
Blondeau (Paul-François), avenue des Amandiers, 10.
Blondel (Henri-Auguste-Adrien), rue de Vintimille, 2.
Blondin (Ferdinand), rue de Provence, 59.
Blot (Léon), boulevard des Batignolles, 29.
Bobin (Hippolyte), rue de Châteaudun, 42.
Bodin (Paul-Joseph), avenue de Clichy, 176.
Boire (Émile), constructeur pour sucrerie et distillerie, quai de la Haute-Deule, 25 et 27, à Lille (Nord).
Boiscervalier (Paul-Eugène), rue Montalivet, 10.
Boistel (Louis-Charles-Georges), représentant de la maison Siemens, rue de Châteaudun, 11.
Boivin (Émile), raffineur, rue de Flandre, 145, à la Villette.
Bonnard (de) (Gaëtan-Arthur), boulevard de Magenta, 109.
Bonnardel (Barthélemy-Antoine), aux forges de Montataire (Oise).
Bonnaterre (Joseph), rue Sainte-Anne, 22.
Bonnet (Désiré), constructeur de machines, à Toulouse (Haute-Garonne).
Bonnet (Édouard), O. ✱, ingénieur en chef de the Fron Bridges, maintenance companie, à Bucharest (Roumanie).
Bonneville (Paul-Armand-Joseph), rue Albouy, 25.
Bonneville (de) (Marie-Joseph), ingénieur de la fonderie de Terre-Noire (Loire).
Bonnin (René), agent-voyer en chef, à Évreux (Eure).
Bontemps (Georges), rue de Lille, 11.
Bornèque (Pierre-Constant-Eugène) ✱, ingénieur, chez MM. Japy frères, à Beaucourt (Haut-Rhin).
Bossi (de) (Édouard), à Altorf, canton d'Uri (Suisse).
Boubée (F.-Charles-Paul) ✱, strada S. Chiara, 2, à Naples (Italie).
Boucard (Alexandre-André), rue d'Antin, 14.
Bouchotte (Émile-Simon), minotier, place Saint-Michel, 6.
Boudard (Casimir), inspecteur des usines de Dangu, ingénieur de la Société des usines à gaz, E. Melon de Pradou, G. Lecoq et Cie, rue Meslay, 10.
Boudard (Félix-Arthur), rue Perronet, 7.
Bougère (Laurent), à Angers (Maine-et-Loire).
Bouhey (Étienne), constructeur, avenue Daumesnil, 43.
Boulland (Henri-Charles) ✱, rue de Bondy, 56.

MM. Bouissou (Amable-Louis), rue Montrosier, 7, à Neuilly.
Boulet (Jean-Baptiste), faubourg Poissonnière, 144.
Boulogne (Jules-Ernest), quai de la Seine, à Saint-Denis.
Bouquet (Ferdinand), rue Vinture, 8, à Marseille (B.-du-R.)
Bourcart (Henri), filateur, à Guebwiller (Haute-Alsace).
Bourdais (Jules) ✠, rue Laffitte, 51.
Bourdelas (Jules-Louis), sous-chef du bureau de l'ingénieur en chef à la Compagnie des Charentes, rue Rennequin, 60, aux Ternes.
Bourdin (Gabriel-Jules-Amédée), métallurgiste, rue Mozart, 11, à Auteuil.
Bourdon (Eugène) ✠, constructeur-mécanicien, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
Bourdon (Édouard-François), constructeur-mécanicien, faubourg du Temple, 74.
Bourdon (Alexandre-Charles), boulevard Magenta, 26.
Bourgeat (Alphonse), architecte de la ville, rue Martron, 1, à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
Bourgougnon (Étienne), rue de la Victoire, 43.
Bourgougnon (René), rue Lemercier, 44 (Batignolles).
Bourset (Louis-Désiré), architecte, à Cirey-le-Château (Haute-Marne).
Bourson (Michel), à Bilbao (Espagne).
Boutmy (Gabriel-François) ✠, rue Jean-Lantier, 4.
Bouvard (Paul-Marie), au Creusot (Saône-et-Loire).
Bracquemont (de) (Adrien) ✠, boulevard Malesherbes, 19.
Bramwell (Frédéric-Joseph), 37, Great George Westminster (Londres).
Branville (de) (Paul), rue Oberkampf, 74.
Brauer (François-Charles), à Graffenstaden (Alsace).
Brault (Alexandre) ✠, rue de Bonneval, à Chartres (Eure-et-Loir).
Bréguet ✠, horloger, quai de l'Horloge, 39.
Bréguet fils (Antoine), quai de l'Horloge, 39.
Breton (Étienne), chef de section à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, à Bar-sur-Aube (Aube).
Bricogne (Charles) ✠, rue du Faubourg-Poissonnière, 33.
Bridel (Gustave), directeur de la correction des eaux, à Bienne (Suisse).
Brivet (Henri), produits chimiques, avenue Péreire, 70, à Asnières.
Brocchi (Astère), directeur de la maison Périn, fabricant de scies, avenue d'Ivry, 19.
Brodard (Marie-Anatole-Octave), rue du Bac, 94.
Bronne (Joseph), papetier, rue Joubert, 29.
Bronne (Louis), industriel, rue Grétry, 28, à Liége (Belgique).

MM. Brossard (Louis-Henri-Maurice), inspecteur du matériel fixe au chemin de fer de Lyon, boulevard Beaumarchais, 15.

Bruère, à Signy-le-Petit (Ardennes).

Bruignac (Duroy de) (Albert), rue Saint-Antoine, 9, à Versailles (Seine-et-Oise).

Brüll (Achille), rue de Bruxelles, 44.

Brunon (Barthélemy), constructeur, à Rive-de-Gier (Loire).

Brunt (John), rue Pétrelle, 15.

Brustlein (H.-Aimé), à Unieux (Loire).

Buddicom ✠, Penbedw-Mold flinstshire (Angleterre).

Bukaty (Brodislas), ingénieur au chemin de fer de Roumanie, à Bucharest.

Bullot (Edmond), rue de la Gare, 12, à Saint-Denis.

Bulot (Hippolyte), rue Demidoff, 40, au Havre (Seine-Inférieure).

Bunel (Henri), rue du Conservatoire, 13.

Buquet (Hippolyte-Amédée), gérant de la *Revue industrielle*, rue Saint-Georges, 52.

Bureau, rue de Moscou, 29.

Burel (Eugène), rue Baudin, 22.

Buron (Oscar-Gabriel), chef de traction au chemin de fer d'Orléans, à Tours (Indre-et-Loire).

Busschop (Émile), à Villeneuve-Saint-Georges (Seine-et-Oise).

C

MM. Cabanes (Félix), rue Leconte, 1.

Cabany (Armand), constructeur, à Malines (Belgique).

Cachelièvre (Charles-Paul-Émile), à Badajoz (Espagne).

Cadiat (Ernest), rue Meslay, 24.

Cail (Émile), avenue de l'Empereur, 121.

Caillaux (Alfred-Adrien-Hippolyte), rue Saint-Jacques, 240.

Caillé (Jules-Charles), inspecteur du matériel fixe au chemin de fer d'Orléans, rue Guy-de-la-Brosse, 11.

Caillot-Pinart ✠, rue du Faubourg-Saint-Martin, 167.

Caisso (Marin), ingénieur des ateliers du chemin de fer de l'Ouest, à Rennes (Ille-et-Vilaine).

Calabre (Sébastien), rue de Lyon, 4.

Caldaya (Charles-Antony), chez MM. Harel et Cie, à Givors (Rhône).

Calla (Christophe) ✠, rue des Marronniers, 8, à Passy.

Calleja (Joseph-Antoine), chef du service de la voie au chemin de fer, à Ciudad-Real, province de Badajoz (Espagne).

MM. Callejà (Henri), à Ciudad-Real (Espagne).
Callon (Charles) ✱, rue de Birague, 16.
Capdevielle, rue de la Gare, 2, à Saint-Denis.
Capelle (Eugène-Gustave), rue Lesueur, 70, au Havre (Seine-Inférieure).
Capuccio (Gaetano), à Turin (Piémont).
Carquac (Armand-Jean-Antoine), à Aubin (Aveyron).
Carimantrand (Jules), rue Mosnier, 15.
Carpentier (Léon), rue de Fleurus, 37.
Carron (Pierre-Joseph-Charles), rue Très-Cloîtres, 21, à Grenoble (Isère).
Cartier (Émile), fabricant de sucre, à Nassandres (Eure).
Cassagnes (Gilbert-Alfred), directeur des *Annales industrielles*, rue Lafayette, 18.
Casalonga (Dominique-Antoine), rue des Halles, 19.
Castel (Émile), ✱ O. ✠, rue de Dunkerque, 20.
Cauvet (Alcide) ✱, rue Neuve-des-Mathurins, 73.
Cazalis de Fondouce (Paul) ✠ ✱ ✱, propriétaire agricole, rue des Étuves, 18, à Montpellier (Hérault).
Cazes (Edwards-Adrien), quai de Bourgogne, 37, à Bordeaux (Gironde).
Cernuschi, avenue Velasquez, 7, via San-Maurilio, 13, à Milan (Italie).
Chabrier (Ernest) ✱, rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).
Chalain (Prosper-Édouard), rue du Faubourg-Saint-Martin, 171.
Chaligny (Gabriel-Joseph), rue Philippe-de-Girard, 54.
Chalmeton, aux forges d'Aubin (Aveyron).
Champion (Paul) ✱, chimiste, rue de Turin, 7.
Championnière, à Montignon, près Montmorency (Seine-et-Oise).
Champouillon ✱, place Vendôme, 12.
Chancerel (Charles-Antoine), rue Béranger, 21.
Chaper ✱, rue de Londres, 4.
Chapman (Henri), rue Louis-le-Grand, 11, et 118, Victoria street Westminster S. W., London.
Chapron (Laurence-Louis-Achille), architecte, chez M. Manuel de Arana, directeur de la Quinta normal de Agricultura, à Santiago (Chili).
Charbonnier (Amédée-Pierre), au Creuzot (Saône-et-Loire).
Chardon (Eugène-Frédéric), avenue Trudaine, 13.
Charlier (Timothée), chef du contrôle des chemins de fer de Roumanie et inspecteur général des ponts et chaussées, 163, rue Mogosoi, à Bucharest (Roumanie).
Charlon (Claude-Émile), ingénieur de la Compagnie des asphaltes, rue Sala, 23, à Lyon (Rhône).

MM. Charpentier (Joseph-Ferdinand), rue Perdonnet, 13.

Charpentier (Paul-Ferd.), métallurgiste, boulevard de Clichy, 8.

Charton (Jules-Jean), ingénieur de la construction aux chemins de fer du Midi, boulevard Haussmann, 54.

Chatard (Alfred), au château de Coulanges, par Damville (Eure).

Chateau (Théodore-Jean-Marie), chimiste, rue Saint-Denis, 12, à Aubervilliers (Seine).

Chauveau des Roches (Arthur) ✱, O. ✱, à Masseuil-Quinçay, par Vouillé (Vienne).

Chauveau (Jules-Édouard), direct. des fonderies de Torteron (Cher).

Chauvel (Émile), à Navarre, par Évreux (Eure).

Chavannes (Émile-Frédéric), rue de Vauban, 3, à Lyon (Rhône).

Chéron (Charles-Louis), régisseur de l'usine à gaz de Boulogne-sur-Seine, route de Versailles, 196 (Seine).

Chevandier de Valdrome (Eugène-Jean) ✱, rue de l'Arcade, 17.

Chobrzynski (Jean-Pierre-Charles) ✱ ✱, boulevard de Magenta, 139.

Cholet (Lucien-Alfred), ingénieur du matériel fixe du chemin de fer d'Orléans à Châlons, rue Saint-Gilles, 14.

Chopin (Nicolas-Philippe), chef du service de la construction de la ligne de Saintes à Coutras, avenue de Paris, 133, à Bordeaux (Gironde).

Chrétien (Jean), rue de Monceau, 87.

Chuwab (Charles), rue Nollet, 71.

Ckiandi (Alexandre-Henri), chimiste, rue des Templiers, 25, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Clair (Alexandre), C ✠ O ✠, rue Duroc, 5.

Claparède (Frédéric-Moyse) ✱, à Saint-Denis (Seine).

Claparède fils (Frédéric), à Saint-Denis (Seine).

Clémandot (Louis) ✱, 18, rue Brochant (Batignolles).

Clemencin (Perfecto Maria), ingénieur des mines, à l'École des mines, à Madrid (Espagne).

Clément-Desormes, quai Castellane, 20, à Lyon (Rhône).

Clervaux (de) (Paul), boulevard Saint-Aignan, 2, à Nantes (Loire-Inférieure).

Closson (Prosper), avenue Trudaine, 29.

Coignet (François), rue de Berri, 22.

Colladon ✱, boulevard du Pin, 1, à Genève (Suisse).

Colle (Simon), aux forges et fonderies de Fourchambault (Nièvre).

Collet (Charles-Henri), rue d'Astorg, 4 *bis*.

Collin (Émile-Charles), fabricant de produits chimiques pour cristallerie, rue Quincampoix, 15.

Colson (Paul) ✱, Sierra Almagrera, par Murcia (Espagne).

Combe (Charles-Adolphe), rue de la Victoire, 59.

Conchon (Eugène-Gabriel), architecte, rue des Batignolles, 56.

MM. Consolat, boulevard Malesherbes, 68.

Constant (Arthur), directeur des forges de Saint-Eyries (Dordogne).

Contamin (Victor), boulevard de Magenta, 2.

Conzette (Théobald-Louis-David), chimiste aux usines de MM. Dior frères, à Granville (Manche).

Coquerel (Paul), boulevard des Batignolles, 22.

Cornaille (Alfred), constructeur, à Cambrai (Nord).

Cornuault (Émile-Léon-Félix), métallurgiste, rue Monsigny, 15.

Corpet (Lucien), constructeur-mécanicien, avenue Philippe-Auguste, 117 et 119.

Cossigny (de) (Jules-François), à Courcelles, commune de Cléry, par Saint-Parres-les-Vandes (Aube).

Cosyns, à Couillet, par Charleroi (Belgique).

Cottard (Charles), place Vendôme, 12.

Cottrau (Alfred-Henri-Joseph), C. ✱ O. ✱ ✠, directeur de l'entreprise industrielle italienne de construction métallique, 228, via Toledo, à Naples (Italie).

Couard (Joseph-Félix), inspecteur de la voie des chemins de fer de Lyon, rue de Lyon, 20.

Coulanghon (François-Marie), rue de Vauban, 2, à Lille (Nord).

Coullaut (Alfred-Louis-Joseph) ✱, à Marchena, Andalousie (Espagne).

Cournerie (Amédée-Barthélemy) ✱, rue de la Saline, 1, à Cherbourg (Manche).

Cournerie (Jean-Baptiste-Eugène-Georges), rue Hélain, 85, à Cherbourg (Manche).

Courras (Philippe), boulevard des Batignolles, 58.

Courtépée (Laurent), rue des Francs-Bourgeois, 31.

Courtès-Lapeyrat (Georges-Clément), boul. Saint-Germain, 239.

Courtier (Louis), rue de Dunkerque, 43.

Courtin (Amédée-Augustin), chef d'atelier du chemin de fer du Nord, rue de Passy, 97, à la Chapelle.

Courtines (Jacques) ✱, avenue du Chemin-de-Fer, à Rueil (Seine-et-Oise).

Courtois (Antoine-Hippolyte), ingénieur à l'arsenal de Fou-Tchéou (Chine).

Courtois (Marie-Émile), ✱, ingénieur de la Compagnie des Forges et Fonderies de Terre-Noire-Voulte et Bességes, rue Sainte-Hélène, 8, à Lyon (Rhône).

Couture (Jules), ingénieur adjoint à la direction des gaz et hauts fourneaux, rue de la Darse, 9, à Marseille (B.-du-R.).

Crampton, ✱, Victoria-Street, 4, Westminster S. W., Londres.

Crépin (Christian), à la sucrerie de Soulty, par Larbret (Pas-de-Calais).

MM. Créase (John), major d'artillerie, Eastney Barrach, Portsmouth.
Crespin (Auguste), boulevard de Clichy, 14.
Crespin (Arthur-Auguste), avenue Parmentier, 7.
Crétin (Gabriel) ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 237.
Crozet (Émile), à Valcherie, près le Chambon-Feugerolles (Loire).
Crozet (J.-C.), à Valcherie, près le Chambon-Feugerolles (Loire).
Cuinat (Charles), rue de Turin, 15.
Cuyper (de) (Arnold-Adrien-Charles), ingénieur et directeur des mines de la maison Cousinery et fils, à Smyrne (Turquie).

D

MM. Daburon (Henri-Charles), ingénieur aux mines de Vicoigne, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
Dagail (Louis), à Cognac (Charente).
Daguerre d'Ospital (Léon), calle de Prado, 20, à Madrid (Espagne).
Daguin (Ernest), O. ✻, rue Castellane, 4.
Dailly (Gaspard-Adolphe), O. ✻, maître de la poste aux chevaux, rue Pigalle, 67.
Dallemagne (Jules-Joseph-Jacques), avenue Trudaine, 26.
Dallemagne (Émile), directeur des charbonnages de Sclessin-Tilleur, près Liége (Belgique).
Dallemagne (Jules), directeur des ateliers de la Société de Sclessin, près Liége (Belgique).
Dallot (Auguste) ✻, rue de Douai, 17.
Dambricourt (Auguste), à Vezernes, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Damoizeau (Victor-Jules), boulevard de la Contrescarpe, 36.
Danvers (Henry), rue Taitbout, 16.
Darblay (Paul), à Corbeil (Seine-et-Oise).
Daret-Derville (Ch.-Am.), chef du bureau central du matériel et de la traction aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, calle Santiago, 59, à Valladolid (Espagne).
Daveluy (Marie-Alfred-Alphonse), attaché au service central de la voie au chemin de fer de Lyon, rue Saint-Antoine, 207.
David (Augustin), boulevard Magenta, 14.
David (Albert-Julien), rue du Luxembourg, 21.
Debarle (Louis), rue de l'Ourcq, 33, à la Villette.
Debié (Jules), quai des Grands-Augustins, 53.
Deby (Julien-Marie), rue de la Vanne, 21, à Bruxelles (Belgique).

MM. Decaux (Charles-Auguste) ✱, rue Notre-Dame-des-Champs, 107.
Decescaud (Jean-Daniel), rue d'Austerlitz, à Angoulême (Charente).
De Coene (Jules) ✱, ingénieur divisionnaire au chemin de l'Ouest, rue du Champ-des-Oiseaux, 36, à Rouen (Seine-Inférieure).
Decomberousse (Charles), rue Blanche, 63.
Decoudun (Jules), constructeur mécanicien, rue de Montreuil, 77.
De Dion (Henri), O. ✱, rue de Moscou, 28.
Deffosse (Étienne-Alphonse), ingénieur de la construction, au chemin de fer de Lyon, rue de la Liberté, à Grenoble (Isère).
Degousée (Edmond) ✱, rue de Chabrol, 35.
D'Eichthal (Georges), directeur des forges et hauts fourneaux de Buglose, près Dax (Landes).
Dejey Jeanny, rue de la Perle, 18.
Delanney (Hippol.), O. ✱, agent-voyer en chef, au Mans (Sarthe).
Delannoy (François-Albert), ✱ C. ✱ ✠, rue de Paris, 106, à Charenton-le-Pont (Seine).
Delano (William-Henri), quai Valmy, 117.
Delamarre, attaché au contrôle des travaux extérieurs du matériel à Saint-Étienne (Loire).
Delaperrière (Marie-Antoine), ingénieur de la construction de la Compagnie du Croisic, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).
Delaporte (Georges) ✱, chimiste, rue des Bourdonnais, 37.
Delaporte (Charles-Antoine), filateur, à Maromme (Seine-Inf.).
Delaroyère (Ernest-Joseph), à Iwuy, près Cambrai (Nord).
Delattre, boulevard Voltaire, 63.
Delaunay (Jules-Henri) ✱ ✠, chef de section au chemin de fer des Charentes, à Limoges (Haute-Vienne).
Delaunay (Louis-Marie-Gabriel), rue du Port, 9, à Saint-Denis (Seine).
Delebecque ✱, rue de Douai, 6.
Delettrez (Eugène-Géry), rue Taitbout, 29.
Delignères (Élie), fabricant de tubes en fer, à Montluçon (Allier).
Deligny (Ernest), O. ✱, rue François Ier, 18.
Delmas (Fernand), faubourg Poissonnière, 110.
Delom (Florentin), rue Ramey, 49.
Delpech (Ferdinand), avenue de Clichy, 19.
Delsa (Hubert) ✱, constructeur, rue de la Limite, 18, à Liége (Belgique).
Demanest (Edmond), rue de Berlin, 27.
Demans (Benoît-François-Noël), au Chambon-Feugerolles (Loire).
Demeule (Gustave) ✱, rue de Paris-et-Henry, à Elbeuf (Seine-Inférieure).
Demimuid (René) ✠, architecte, rue de Rennes, 65.
Denfer (Jules-François-Maxime), architecte, rue de la Santé, 9.

MM. DENIEL (Sébastien) ✠ ✠, rue Duguay-Trouin, 2, à Brest (Finistère).

DENIS (Gustave), à Fontaine-Daniel, près Mayenne (Mayenne).

DENISE (Lucien), passage Violet, 12.

DEPREZ (Marcel), rue Cassini, 16.

DERENNES (Jean-Baptiste-Ernest), rue du Bocage, 7, dans l'île Saint-Denis.

DEROIDE (Auguste), cité Rougemont, 3.

DESBRIÈRE, ✠ C. ✠ O. ✠ ✠, rue de Provence, 56.

DESFORGE (Louis-Alphonse), chef de section au chemin de fer de l'Est, à Troyes (Aube).

DESGRANGE (Hubert), ✠ C. ✠ ✠ ✠, boulevard Haussmann, 135.

DESHAYES (Victor), à Terrenoire (Loire).

DESJARDINS (Jean-Marc-Édouard), rue de Flandre, 100.

DESMASURES (Camille), O. ✠, boulevard Haussmann, 64.

DESMOUSSEAUX DE GIVRÉ (Émilien) ✠, rue de Lille, 79.

DESNOS (Charles), ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention, boulevard Saint-Martin, 13.

DESNOYERS (Alfred), maître de forges, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 36.

DESPÉRAIS (Ch.), vico S. Peresella de Spagnoli, 33, à Naples (Italie).

DESPRÉS (Alphonse-Victor-Guillaume), à Martigné-Briand (Maine-et-Loire).

DESPRET (Édouard), ingénieur en chef, directeur des voies et travaux du chemin de fer Grand-Central belge, rue de Trèves, 33, à Bruxelles (Belgique).

DEVAUREIX (Michel-Jules), rue des Poissonniers, 11, à Saint-Denis.

DEVILLE (Anatole), rue de Lyon, 43.

DEVILLIERS (Émile-Joseph), avenue de l'Observatoire, 19.

DEZ (Jules), représentant de la maison Degousée, via del Duomo, 64, à Naples (Italie).

DÉZELU (Jacques-Isidore), chef d'atelier au chemin de fer de l'Ouest, rue Saussure, 116, aux Batignolles.

D'HAMELINCOURT (Éloi-Joseph), constructeur d'appareils de chauffage et de ventilation, rue Salneuve, 29 (Batignolles).

D'HUBERT (Joseph-Adolphe-Constant), directeur de la Compagnie Lesage, rue de Richelieu, 110.

DIARD (Henri-Pierre-Alfred), à Amboise (Indre-et-Loire).

DIDIERJEAN (Eugène) ✠, à Saint-Louis (Lorraine).

DIETZ (David), ingénieur du matériel roulant au chemin de fer de l'Est, rue Pajol, 22.

DOLABARATZ (Louis-Alfred), ingénieur à la maison Cail, rue des Bassins, 15, Champs-Elysées.

DOMBROWSKI (Thomas-Adolphe), ingénieur des travaux et de la

surveillance au chemin de fer de l'Est, à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).

MM. Donnay (Charles), constructeur, impasse Rébeval, 23.

Donon (Alfred-Adrien), rue d'Argenson, 3.

Dorion (Joseph-Charles-Marie), à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).

Dornès (Auguste-Charles-Joseph) ✱, ingénieur du chemin de fer de Vitré, à Fougères (Ille-et-Vilaine).

Dorré, à la gare du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.

Douau (Maximllien-Jean-Bernard), faubourg Saint-Denis, 222.

Doury (Paul), rue de Compiègne, 2.

Dru (Saint-Just) (Antoine), route de Fontainebleau, à Gentilly (Seine).

Dru (Léon-Victor-Edmond), rue Rochechouart, 69.

Dubied (Henri-Édouard), à Couvet, par Pontarlier (Suisse).

Dubois (Eugène-Auguste), rue de l'Escaut, à Anzin, près Valenciennes (Nord).

Dubuc (Michel-Maximilien), constructeur-mécanicien, rue de Turbigo, 68.

Ducrot (Édouard-Jean-Baptiste), constructeur d'appareils de chauffage, rue de la Folie-Méricourt, 38.

Dufay (Eugène-Isidore), gérant de la sucrerie de Chivry-Cossigny, par Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).

Dufaure (Gabriel), chef du bureau du matériel et de la traction au chemin de fer des Charentes, à Saintes (Charente-Inférieure).

Dufournel (Alphonse-Théodore) ✱, à Gray (Haute-Saône).

Dufrené (Hector-Auguste), agence des brevets, rue de la Fidélité, 10.

Dugourd, rue de la Ferme-des-Mathurins, 25.

Dujour (Nicolas-Alexis), chef du bureau des études du matériel fixe au chemin de fer de Lyon, avenue Daumesnil, 16.

Duluc (Pierre-Auguste-Marie-Albert), avenue de Villiers, 18.

Duméry, boulevard des Batignolles, 24.

Dumont (Marie-Georges), sous-inspecteur au chemin de fer de l'Est, rue du Faubourg Saint-Denis, 187.

Dumont (Henri), à Jaguara, province de Minas Geraes (Brésil).

Dumont (Louis François), rue Sedaine, 55.

Duparc (Georges), fabricant de briques, à Sarcelles (Seine-et-Oise).

Dupont (Albert), rue Duperré, 19.

Dupuis (Edmond-Louis), rue de la Pompe, 4, à Passy.

Dupuy (Léopold-Philibert), rue de Flandre, 108.

Durand (Eugène-Alfred), constructeur-mécanicien, avenue d'Eylau, 143.

Durant (Léon-Alexandre-Émile) ✱, sous-chef du bureau des études

du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, rue Linné, 13.

MM. Durassier (Léon-Gabriel-Alexandre), représentant des houillères de Ferfay et Amas, avenue de Wagram, 28.

Durenne ✱, constructeur, quai Napoléon, 29, à Courbevoie.

Durenne (Antoine), O. ✱, maître de forges, rue de la Verrerie, 30.

Durocher (Constant), à Coulommiers (Seine-et-Marne).

Durœux (Adolphe-Auguste), boulevard Ornano, 7.

Du Roy de Bluquy (Arthur), ✱, ingénieur en chef de la Société métallurgique et charbonnière belge, place de Louvain, 1, à Bruxelles (Belgique).

Durval (Maurice-Charles), à Piombino, près Massa Maritima (Italie).

Duthu (Paul-Louis), ingénieur des hauts fourneaux de MM. Holtzer, Dorian et Cie, à Ria (Pyrénées-Orientales).

Duval (Raoul), rue François Ier, 45.

E

MM. Eassie (Guillaume), Child's Hill Hampstead, N. W., Londres (Angleterre).

Eiffel (Gustave), rue Fouquet, 46, à Levallois (Seine).

Ellis (Théodore), Hartford Connecticut, États-Unis (Amérique).

Ellissen (Albert) ✱ ✠ ✱, rue Abbatucci, 21.

Elmering (Adolphe), rue de la Ferme, à Rouen (Seine-Inférieure).

Elwell père, à Rosny-sur-Seine (Seine-et-Oise).

Elwell (Thomas), constructeur, avenue Trudaine, 26.

Engelmann, rue Bellocq, 8, à Pau (Basses-Pyrénées).

Epstein (Jules-Eugène), rue de Berri, 4.

Ermel (Frédéric) ✱ ✠, cité des Fleurs, 54, à Batignolles.

Escalle (Pierre), ingénieur aux usines de Tamarès (Gard).

Escande (Antoine-Marie), entrepreneur de constructions en fer, rue de Vaugirard, 177.

Estoublon (Henry), aux hauts fourneaux de Rainville, par Longny (Orne).

Etchats (Raymond), ingénieur consultant des mines de Carthagène (Espagne).

Étienne (Antoine) ✱, rue Paradis-Poissonnière, 13.

Euverte (Jules) ✱, directeur des usines, à Terre-Noire (Loire).

Évrard (Alfred), directeur de la Compagnie des houillères de Ferfay-Auchel, près Lillers (Pas-de-Calais).

Évrard (Maximilien), à Saint-Étienne (Loire).

F

MM. Fabre (Émile-Jean-Jacques-Ernest), rue Blanche, 97.

Falguerolles (Eugène), ingénieur, chef du matériel et de la traction des chemins de fer des Charentes à Saintes (Charente-Inférieure).

Faliès (Jacques-Alfred) ✱, rue de Montauban, 4, au Mans (Sarthe).

Farcot (Joseph) ✱, constructeur, au port Saint-Ouen (banlieue).

Farcot (Emmanuel), avenue de Catinat, 1, à Saint-Gratien (Seine-et-Oise).

Farcot (Abel), constructeur, au port Saint-Ouen (banlieue).

Farcot (Paul-Martial-Joseph), sous-ingénieur de la maison Farcot et ses fils, au port Saint-Ouen (banlieue).

Faure-Beaulieu, filateur de laine, à Gravelle-Saint-Maurice (Seine).

Fayol (Henri), ingénieur principal des houillères, à Commentry (Allier).

Febvre (Armand), rue de Ponthieu, 23.

Feer (Daniel-Paul), rue de Pascale, 35, à Bruxelles (Belgique).

Fellot (Jean), rue de Moscou, 46.

Fernex (de), rue Perdonnet, 9.

Fernique (Albert) ✱, chef des travaux graphiques à l'École centrale, rue de Fleurus, 31.

Férot ✱, rue d'Aumale, 14.

Fèvre (Léon-Jean-Baptiste), rue de la Tour, 117, à Passy.

Fèvre (Henri), architecte, rue de la Ville-l'Evêque, 31.

Fichet (Pierre-Anatole), rue de Clichy, 21.

Fiévet (Ernest-Émile), place Saint-Denis, 16, à Amiens (Somme).

Flachat (Adolphe), rue Saint-Lazare, 62.

Flachat (Jules) ✱, rue de la Gare, 12, à Niort (Deux-Sèvres).

Flachat (Yvan), rue de Grenelle-Saint-Germain, 102.

Flaman (Nicolas-Charles-Eugène), rue Saint-Laurent, 52, à Lagny (Seine-et-Marne).

Flavien (Émile-Georges) ✱, rue Concordet, 63.

Fleury (Edme), au Tréport (Seine-Inférieure).

Fleury (Pierre-Élie-Jules), ✱ ✱, rue Perdonnet, 13.

Fleury (Jean-Simon), ✱ O. ✱, au château de l'Ermitage, près Bélâbre (Indre).

Fleury (Jules-Auguste), rue de Rennes, 85.

Flicoteaux (Achille), rue de Grenelle-Saint-Germain, 59.

Floucaud (Arnaud-Joseph), ingénieur de la Compagnie des bassins houillers du Hainaut, à Illiers (Eure-et-Loir).

MM. FONBONNE (de) (Charles-Alexandre), boulevard de Magenta, 117.
FONTAINE (Hippolyte), rue Saint-Georges, 52.
FONTENAY (de) (Anselme) ✻, ingénieur-chimiste au chemin de fer d'Orléans, boulevard Saint-Michel, 77.
FONTENAY (Tony), rue Lesdiguières, 15, à Grenoble (Isère).
FONTENAY (de) (Eugène) ✻, rue de l'Arbalète, 14, à Autun (Saône-et-Loire).
FORET (Miltiade) ✻, directeur des usines métallurgiques, à Montluçon (Allier).
FORQUENOT (Victor) ✻, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, boulevard Saint-Michel, 24.
FORQUENOT (Armand) ✻, rue de Provence, 34.
FORTET (Charles-Élie-Dioclès), sous-chef de bureau des travaux neufs au chemin de fer du Nord, rue Château-Landon, 22.
FORTIN-HERRMANN (Louis), boulevard Montparnasse, 138.
FORTIN-HERRMANN (Émile), boulevard Malesherbes, 92.
FOUCHÉ (F.-H.), constructeur, rue des Écluses-Saint-Martin, 30.
FOULON Y TUDO (Joseph-John), ingénieur en chef de la maison Batllo Hermanos, à Barcelone (Espagne).
FOUQUET (Louis-Ernest) ✻, chez M. Gouin, avenue de Clichy, 176.
FOURET (Georges-Jean-Baptiste), rue Billault, 16.
FOURNIER (Louis-Victor), rue de la Cerisaie, 15.
FOURNIER (Victor) ✻, métallurgiste, boulevard de l'Empereur, 178.
FOURNIER, rue de la Ville-l'Evêque, 40.
FOURNIER (A.), architecte, boulevard du Chemin-de-Fer, 60, à Orléans (Loiret).
FRAENKEL (Henri), au chemin de fer du Nord-Est, boulevard du Nord, 80, à Bruxelles (Belgique).
FRAIX (Félix), rue de Châteaudun, 42.
FRANCEZ (Pierre-Auguste-Georges), rue de Rivoli, 28.
FRANCISQUE-MICHEL (Roland-Victor), rue de l'Ancienne-Comédie, 13.
FRESNAYE (Adrien-Aimé), fabricant de papiers, à Marenla, par Montreuil-sur-Mer (Pas-de-Calais).
FREY fils (André-Pierre), constructeur, impasse Rébeval, 23, à Belleville.
FRÉZARD (Stanislas), rue Fontaine-au-Roi, 13.
FRICHOT, directeur de la Compagnie linière, à Pont-Remy (Somme).
FRIEDMANN (Alexandre), à Vienne (Autriche).
FRION (Antoine-Émile), avenue de Choisy, 158.
FROMANTIN (Jean-Baptiste), rue Bonaparte, 53.
FUCHET (Pierre-Paul), carrefour de l'Observatoire, 2.

G

MM. Gaget (Jean-Baptiste), canalisation d'eau, couverture et plomberie d'art, 23, rue Guttemberg (Boulogne-sur-Seine).

Gaildry (Cyprien), chaussée du Maine, 4.

Gailleux (Antoine), sous-chef de section au chemin de fer du Nord de l'Espagne, Oficinas de la Via Estacion del Valladolid (Espagne).

Gallais (A.-Pierre), hôtel du Commerce, au Creuzot (Saône-et-L.).

Gallaud (Charles), chef de bureau de la voie et des travaux au chemin de fer de ceinture, rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 6.

Gallois (Charles), directeur de la sucrerie de Francières, par Pont-Sainte-Maxence (Oise).

Gambaro, inspecteur principal du matériel au chemin de fer de l'Est, à la Gare, rue et place de Strasbourg.

Gandillot (Jules), rue Boileau, 12, à Auteuil.

Ganneron (Edmond), O. ✻, rue de Boursault, 18.

Garate Galo, à Haro, Vieille-Castille (Espagne).

Garcia (Manuel-Charles-Auguste), à Saintes (Charente-Inférieure).

Gargan (Louis-Xavier), à Livry (Seine-et-Oise).

Garnier (Jules-Jacques) ✻ ✠, boulevard de Magenta, 35.

Gast (Édouard-Victor), à Isseinheim (Alsace).

Gauchot (Paul-Élie), rue du Faubourg-Saint-Martin, 177.

Gaudet, O. ✻, maître de forges, à Rive-de-Gier (Loire).

Gaudineau (Louis), constructeur d'appareils à gaz, rue Martel, 17.

Gaudry (Jules), boulevard de Magenta, 137.

Gaultier (Georges-Léon-Louis), rue Clapeyron, 5.

Gaune (André-Joseph-Émile), à Manáos, province de l'Amazonas (Brésil).

Gaupillat (Ernest) ✻, au Bas-Meudon (Seine-et-Oise).

Gauthey (Émile-Mac-Marius), industriel, rue Charlot, 48.

Gauthier (Charles-Prosper) ✻, rue Saint-Vincent-de-Paul, 3.

Gautier (Paul-Émile), rue du Temple, 20.

Gautier (Ferdinand), ingénieur de la Société des fers et aciers, rue Lepelletier, 20.

Gayrard (Gustave) ✻, sous-directeur du chemin de fer de Ceinture, rue de Berlin, 33.

Geai (Urbain-Jean), directeur de la Société de constructions navales, quai Colbert, au Havre (Seine-Inférieure).

Geay (Charles-Louis), architecte, à Cognac (Charente).

Gelot (Grégoire-Eugène), ingénieur, chez M. Collin, rue du Pont, 5, à Suresnes (Seine-et-Oise).

MM. Génissieu, administrateur de la Compagnie générale des voitures de Paris, rue Neuve-des-Mathurins, 55.
Georgin (Constant), rue de Belleville, 136.
Geoffroy (Octave), aux ateliers du chemin de fer du Nord, à Charleroi (Belgique).
Gerber (Eugène), directeur de l'exploitation des chemins de fer de Roumanie, rue Mogossei, 53, à Bucharest.
Germon (Alexis), C. ✱, ingénieur de la traction au chemin de fer de Paris à Lyon, rue de Lyon, 8.
Geyler (Alfred-Édouard), métallurgiste, rue de la Victoire, 46.
Ghesquière-Dienicker, quai Henri IV, 34.
Gibon (Alexandre-L.) ✱, directeur des Forges de Commentry (Allier).
Giffard ✱, rue de Marignan, 14.
Gignoux (Arthur-Joseph), rue Doudeauville, 98.
Gigot (Paul-Eugène), rue du Faubourg-Poissonnière, 61.
Gil (Claudio), boulevard des Capucines, 6.
Gillot (Auguste), avenue de Villiers, 101.
Gillot (Isidore-François-Louis), quai de la Râpée, 54.
Gillotin (Émile), à Plainfaing (Vosges).
Girard (Adam-Charles), rue des Écoles, 20.
Girard (Joseph), Grande-Rue, 6, à Albertville (Savoie).
Gislain, distillation des schistes bitumineux, rue de Turin, 32.
Gobert (Jean-Baptiste), rue de la Madeleine, à Pont-Audemer (Eure).
Godfernaux, maison Gouin, 176, avenue de Clichy (Batignolles).
Goldenberg (Paul-Frédéric-Alfred), à Zornhoff, près Saverne (Alsace).
Goldschmidt (Philippe), IX Liechtenstein strasse, 11, à Vienne (Autriche).
Goldschmidt (de) (Théodore), Elisabeth strasse, 3, à Vienne (Autriche).
Gondolo (Antonio-Guido), contrôleur du matériel des chemins de fer de la haute Italie, à Antica, stazione per Monza, à Milan (Italie).
Gonzalez-Frossard (Antonio), calle de Tallers, 78, à Barcelone (Espagne).
Gorria (Hermenegildo), ingénieur à l'usine à gaz, Paseo, 5, à Zaragoza (Espagne).
Goschler (Charles), O. ✱, rue de Presbourg, 17.
Gottereau (Georges-Jean-Marie), rue de Douai, 9.
Gottschalk, ingénieur en chef, directeur du matériel et de la traction aux chemins de fer du Sud de l'Autriche, Maximilian strasse, 5, à Vienne (Autriche).
Gouault (Pierre-Alexandre), rue Ganterie, 60, à Rouen (Seine-Inf.).
Gouilly (Henri-Louis-Auguste), à Tunis (Barbarie).

MM. Gouin (Ernest), C. ✱, constructeur, rue de Cambacérès, 4.
Gouin (Jules-Édouard), rue de Cambacérès, 4.
Goumet, constructeur de pompes, rue du Temple, 118.
Goupillon (Arthur-Jules-Désiré), chef du service central du chemin de fer de l'Hérault, rue Nollet, 81, à Batignolles.
Gouvy (Alexandre), gérant et copropriétaire des forges de Dieulouard (Meurthe-et-Moselle).
Gouvy (Émile), maître de forges, à Goffontaine (Prusse rhénane).
Govignon (Henri-Bonaventure), à Vouziers (Ardennes).
Grall (Isidore), inspecteur des steamers, les gondoles, hirondelles et abeilles de la Gironde à Lormont (Gironde).
Grand fils (Julien), directeur des forges, à Oullins, près Lyon (Rhône).
Grasset (Louis-Ch.-Constant), C. ✱, chef du service de la voie au chemin de fer du Nord de l'Espagne, Léganitos, 54, à Madrid (Espagne).
Grebus (Charles), ingénieur aux chemins de fer algériens, à Alger (Algérie).
Grégory (Georges-Aristide), chef de section aux chemins de fer des Charentes, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).
Greiner (Adolphe), chef du service des aciéries de Cockerill, à Seraing (Belgique).
Grelley (Pierre-Jules-Armand), à la manufacture des glaces, chemin de la Gare, 1, à Saint-Denis (Seine).
Gressier (Louis-Edmond), rue de Lyon, 3.
Grièges (de) (Louis-Maurice), sous-ingénieur de la traction des chemins de fer de l'Ouest, rue de Clichy, 11.
Grouvelle (Philippe-Jules), rue des Écoles, 26.
Gruau (Félix), ingénieur à la maison Gouin et Cie, avenue de Clichy, 176, à Batignolles.
Guébhard (Alfred), O. ✱ ✠ ✱, rue de Milan, 11.
Guébin (Jules), fabricant d'appareils d'éclairage, rue Saint-Gilles, 12.
Guénivet (Ernest), chef de la verrerie de la Croix-Blanche, à Vierzon (Cher).
Guérard (Paul), au chemin de fer du Nord, à Amiens (Somme).
Guerbigny (Germeuil-Gaston), chef d'institution, à Villiers-le-Bel (Seine-et-Oise).
Guérin de Litteau (Edgar), O. ✱ ✱, rue Blanche, 3.
Guéroult (Paul), rue Lafayette, 150.
Guettier (André), constructeur de machines-outils, rue de la Tour, 70, à Passy.
Guibal (Théophile), ✱ O. ✠, professeur à l'École des Mines de Mons, rue des Groseilliers, 13, à Mons (Belgique).

MM. Guillaume (Charles) ✻, Grande-Allée, à Toulouse (H.-Garonne).
Guillaume (Henri), rue du Château-d'Eau, 36.
Guillemin (Étienne), à la Perraudette, près Lausanne (Suisse).
Guillot (Gustave) ✻, avenue des Ternes, 85.
Guisan (Olivier-René), ingénieur aux chemins de fer de la Suisse occidentale, avenue de Rumine, 2, à Lausanne (Suisse).
Guntz (Charles), rue du Pré-aux-Clercs, 5.
Guyenet (Constant-Auguste), boulevard de Magenta, 83.
Guyot-Sionnest (Étienne-Ernest), rue Philippe de Girard, 54.

H

MM. Haass (Henri), C. ✻ O. ✻ O. ✻ ✻ ✻, chef de la maison Krupp, rue de Provence, 65.
Hallié (François-Ernest) ✻, fondateur de l'Institut d'arts et métiers de Fermo (Italie).
Hack (Édouard-Louis), rue de la Tour, 16, à Passy.
Hallopeau (Paul-François-Alfred), rue de Lyon, 3.
Hamelin (Paul), chimiste, rue Lebon, 5, aux Ternes.
Hamelin (Gustave), mécanicien, rue Lebon, 5, aux Ternes.
Hamers, boulevard Jourdan, 46 (14e arrondissement).
Hamoir ✻, maître de forges, à Maubeuge (Nord).
Harmand (Eugène-Auguste), à Épernay (Marne).
Harpe (de la) (Théophile), à Vevey (Suisse).
Haugton (Benjamin), 1, Westminster Chambers, Victoria street, London, S. W. (Angleterre).
Helson (Charles), ingénieur des mines à Prades (Pyrénées-Orientales).
Helson (Cynaque), constructeur de tubes en fer, à Hautmont (Nord).
Hély-d'Oissel (Paul-Frédéric), rue de Chaillot, 70.
Henderson (David-Mar.), ingénieur en chef des douanes impériales chinoises, à Shang-Haï (Chine).
Henry (Jean-Edmond), rue du Poteau, 19.
Henri-Lepaute fils (Édouard-Léon), horloger, rue Lafayette, 6.
Henriet (Louis-Jean), ingénieur de la Compagnie des Docks de Saint-Ouen, rue de Chabrol, 28.
Herdet (Auguste), ingénieur aux forges de Tamaris, près Alais (Gard).
Hermary (Hippolyte-Albert-Joseph), agriculteur, à Moulle, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Herpin (Louis), faubourg Poissonnière, 168.
Hersent-Hildevert, rue de Naples, 4.

MM. HERSCHER (Charles-Georges), constructeur, rue du Chemin-Vert, 12.
HERVEY-PICARD (Paul-Philippe), architecte, rue de Rome, 74.
HERVIER (Alfred-Charles), boulevard Beaumarchais, 102.
HEURTEBISE (Paul), chez M. Doré, maître de forges, rue Chappe, 4, au Mans (Sarthe).
HINSTIN (Napoléon), boulevard de Strasbourg, 75.
HITTORF (Henri-Bonaventure), rue Saint-Lazare, 44, à Bruxelles (Belgique).
HONORÉ (Frédéric), directeur des Établissements de la Risle, Pont-Audemer (Eure).
HOUEL (Jules-Gervais-Auguste), avenue des Champs-Élysées, 75.
HOULBRAT (Abel), rue de Rome, 63.
HOULON (Amédée-Joseph), à Angoulême (Charente).
HOURIER (Évariste) ✱, rue des Acacias, 20, aux Ternes.
HOUSSIN (Jules-Clément), rue de Châteaudun, 42.
HOVINE (Alfred) ✱, rue de Lyon, 61.
HUBER (William) ✱, rue de Miroménil, 76.
HUET (Alfred), métallurgiste, rue de la Victoire, 46.
HUGON (Pierre), rue de Vaugirard, 165.
HUGUENIN (Jules), maison Marius Boelger, à Bâle (Suisse).
HUGUET (Auguste-Adrien), directeur de la Compagnie des chemins de fer de Barbezieux à Châteauneuf, avenue de Villiers, 103.
HUNEBELLE aîné (Jules), O. ✱, entrepreneur de travaux publics, rue de Solferino, 2.

I J

MM. IBRAN (Jérôme), directeur des forges et hauts fourneaux de Mières, province de Oviedo (Espagne).
IMBERT (Jean-Jules), ingénieur à la Compagnie du touage de Conflans à la mer, quai de Paris, 42, à Rouen (Seine-Inférieure).
IMBERT (Agamemnon), constructeur, à Saint-Chamond (Loire).
IMBS (Alexis-Joseph-Albert), avenue Joséphine, 41.

MM. JACQUES (Léon), ingénieur des ateliers de la Société Cockerill, à Seraing (Belgique).
JACQUES (Jean-Nicolas), rue de Condé, 28, à Lyon (Rhône).
JAGNAUX (Raoul), boulevard Voltaire, 47.
JALIBERT (Louis-Ferdinand), rue Daru, 15.
JAMIN (Jules-Édouard), O. ✱, à Madiran, par Castelnau-Rivière-Basse (Hautes-Pyrénées).
JANICKI (Stanislas), rue Szpitalna, 10, à Varsovie (Pologne).

MM. Jantot (Jacques-Edmond), directeur des hauts fourneaux et fonderies, à Mertzwiller (Alsace).

De Janzé (Maxime), ingénieur aux usines d'Aubin (Aveyron).

Japy (Jules-Auguste-Wilhem), manufacturier, à Beaucourt (Haut-Rhin).

Javal (Ernest), ingénieur des mines, rue de Téhéran, 13.

Jeanson (Charles-Marie-Auguste), rue de Seine, 69.

Jequier (Henri-Jean), au Bois-Charme, près le Châtelet-en-Brie (Seine-et-Marne).

Joannis (de) (Léon), chez MM. J. Barra et Cie, à Bilbao (Espagne).

Jolly (César) ✻, à Argenteuil (Seine-et-Oise).

Joly (de) (Théodore), boulevard Saint-Germain, 225 *bis*.

Joly (Charles-Victor), ingénieur de la Société métallurgique de l'Ariége, près Foix (Ariége).

Jomier (Jean-Henri), constructeur de machines agricoles, rue Fontaine-au-Roi, 10.

Jones (Hodgson), 26 Great George street, S. W. Londres (Angleterre).

Jonte (Émile-Frédéric) ✻, directeur des usines et forges de Franche-Comté, avenue Daumesnil, 116.

Jordan (Samson) ✻, professeur de métallurgie à l'École centrale, boulevard Malesherbes, 154.

Joubert (Léon-Philippe), rue Pigalle, 46.

Jouffret (Maximine), à Villars-les-Dombes (Ain).

Jourdain (Maurice-Frédéric), boulevard Haussmann, 56.

Jourdan (Émile-François), sous-ingénieur de la Blanchisserie de la Compagnie immobilière, rue de Chartres, 19, à Neuilly (Seine).

Jourdan (Ernest-Nicolas), sous-directeur de l'usine à gaz de Strasbourg (Alsace-Lorraine).

Jousselin (Paul) ✻, rue du Marché-Neuf, 4.

Jouvet (Ernest), ingénieur en chef à l'arsénal de Fou-Tchéou (Chine).

Joyant (Charles-Paul-Abel), ✻ O. ✻, rue Labruyère, 19.

Juanmartinena (de) (José), à Renteria, province de Guipuzcoa (Espagne).

Jubecourt (de) (Barthélemy), directeur de la fabrique de faïence et porcelaine, à Vaudrevange, par Sarrelouis (Prusse rhénane).

Jubert (Paul-Jacques), rue Lepeletier, 51.

Jullin (Aimé), ingénieur du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans à Châlons, rue Notre-Dame, 116, à Troyes (Aube).

Juncker (Paul), 17, avenue Trudaine.

Jury (Joseph), à Istres (Bouches-du-Rhône).

K

MM. Kislanski (Wladislas), ✠ ✠ ✠, rue de la Loi, 143, à Bruxelles (Belgique).
Koch (Louis-Adolphe), imprimeur-lithographe et typographe, rue de Trévise, 46.
Komarnicki (Sigismond), ingénieur principal aux chemins de fer de la Theiss, Marie-Valérie-Gasse, 1, à Pest (Hongrie).
Kowalski (Alfred-Marie), inspecteur de l'exploitation au chemin de fer du Nord, rue Perdonnet, 13.
Kraft (Jean), ingénieur en chef du service des machines à la Société Cockerill, à Seraing (Belgique).
Kreglinger, rue Stassart, 141, à Ixelles-lez-Bruxelles (Belgique).
Kronenberg (Ladislas), à Varsovie (Pologne).
Krémer (Philippe), constructeur, rue Tronchet, 22
Kremer (François), Demidoff Pereoulok nº 3, Log nº 33, à Saint-Pétersbourg (Russie).
Krupp (Alfred), O. ✠ C. ✠ ✠ ✠ ✠ ✠, à Essen (Prusse).

L

MM. Laborde (Auguste-Jules), sucrerie de Montdidier (Somme).
Laborie (de) (Alexandre), ✠ ✠, boulevard de Sébastopol, 27.
Laboulaye ✠, rue de Madame, 40.
Labouverie (Prosper), à Bouillon, province de Luxembourg (Belgique).
Lacretelle (Claude-Étienne), à Bois-d'Oingts (Rhône).
Lacroix (Antoine), chimiste à la manufacture des glaces, à Hautmont (Nord).
Laferrère (Jean), ingénieur aux chemins de fer du Sud-Est, rue des Archers, 4, à Lyon (Rhône).
Lafon (Adrien), à Cuq-Toulza (Tarn).
Laforestrie (Joseph-Marie-Léon), ingénieur du gouvernement haïtien, au Port-au-Prince (Haïti), rue de la Victoire, 68.
Lagard (Léopold-Léonce), à Serrières de Briord (Ain).

MM. LAINÉ père, fondeur, rue du Faubourg-du-Temple, 59.
LAINÉ fils (Édouard-Louis-Armand), fondeur, faub. du Temple, 59.
LALIGANT (Paul), fabricant de papiers, à Maresquel, par Campagne-lès-Hesdin (Pas-de-Calais).
LALO, rue Saint-André-des-Arts, 45.
LAMBERT (Léon-Arthus), fabricant de sucre, à Toury (Eure-et-Loir).
LAMING (Joseph-Mowbray), rue du Cherche-Midi, 64.
LANCEL (Augustin-Jules), ingén. de la voie, à Tergnier (Aisne).
LANDRY (Louis-Pierre), boulevard Contrescarpe, 32 *bis*.
LANDSÉE (de) (Adolphe), ingénieur en chef du matériel des chemins de fer d'Asie, rue Sofiali-Pira, 7, à Constantinople (Turquie).
LANGLOIS (Auguste), à l'usine à gaz, à Reims (Marne).
LANGLOIS (Charles), rue de Vienne, 17.
LANGLOIS (Ernest-Hippolyte), directeur gérant de l'institut d'arts et métiers, à Fermo (Italie).
LANTIN (Maurice), filateur, à Bernouville (Eure).
LANTRAC (Eug.-Adolphe), avenue Joséphine, 39.
LAROCHETTE (de) (Jérôme) ✱, associé gérant de la Compagnie des hauts fourneaux et fonderies de Givors, cours du Midi, 11, à Lyon (Rhône).
LARRUE (Louis), rue Duras, 9.
LARSEN (Georges-Daniel), ingénieur de la construction des Tramways de Paris, rue du Helder, 3.
LARTIGUE (Henri), Grande-Rue, 66, à Passy.
LARTIGUE (Charles-François), O ✱, secrétaire de la Compagnie des chemins de fer de Madrid à Alicante, rue Caumartin, 35.
LA SALLE (Auguste), à Kriens, près Lucerne (Suisse).
LASSERON (Charles), rue Saint-Lazare, 28.
LASSON (Alphonse), faubourg Saint-Martin, 12.
LATHUILLIÈRE (Jean-Claude), constructeur, rue Delambre, 22.
LAUNOY (Louis-Ernest), rue du Canal-Saint-Martin, 18 et 22.
LAURENS (Camille) ✱, rue Taitbout, 82.
LAURENT (Lambert), rue de Pessac, 192, à Bordeaux (Gironde).
LAURENZANA (Nicolas-Marie), strada Egiziaca, à Pizzofalcone, 59, à Naples (Italie).
LAVALLEY, O. ✱ C. ✠, rue Murillo, 18.
LAVALLÉE (de) POUSSIN (Oscar-Gustave), ingénieur en chef de la Compagnie des eaux, place Vendôme, 16.
LAVEISSIÈRE (Émile-Jean), rue de la Verrerie, 58.
LAVEZZARI (Émile) ✱, rue de Constantinople, 12.
LEBARGY, ingénieur de la voie, à Amiens (Somme).
LEBEL (Gaston-Jules), directeur de la tuilerie de Montchanin-les-Mines (Saône-et-Loire).

MM. LEBLANC (Félix) ✻, professeur à l'École centrale, vérificateur du gaz de la Ville de Paris, rue de la Vieille-Estrapade, 9.

LEBON (Eugène), ✻ C. ✻, rue Drouot, 11.

LE BRUN (Louis-Gabriel), constructeur mécanicien, rue de Belzunce, 6.

LE BRUN (Raymond-Louis) ✻, ingénieur au chemin de fer du Sud-Est, quai de la Guillotière, 11, à Lyon (Rhône).

LECELLIER (Charles-Victor), rue de Trévise, 44.

LECHERF, ingénieur au chemin de fer, à Etterbeek (Belgique).

LÉCLANCHÉ (Georges), fabricant d'appareils télégraphiques, rue de Laval, 9.

LE CLERC (Achille) ✻, directeur de la Société des polders de Boin (Vendée), rue Bonaparte, 47.

LECLERC (Émile) ✻, rue Lemercier, 32 (Batignolles).

LECŒUVRE (Paul) ✻ ✻ ✻, boulevard Voltaire, 62.

LECOQ (Jean-Félix-Édouard), contrôleur principal du matériel au chemin de fer des Charentes, faubourg Saint-Martin, 66.

LECORBEILLER (Georges-G.), rue de Stockholm, 4.

LE CORDIER (Léon), rue Pergolèse, 4.

LECOUTEUX (Nicolas-Hippolyte), rue Oberkampf, 74.

LEFRANÇOIS (Jean-Louis), service de la comptabilité du chemin de l'Ouest, rue de Rocroy, 23.

LEFRANÇOIS (Eugène), rue Pauquet, 9.

LEGAT (Mathurin-Désiré), rue de Châlons, 38.

LEGAT (Camille-Constant-Régis), à Saint-Étienne (Loire).

LEGAVRIAND (Paul-Floride), à Lille (Nord).

LÉGER (Jean-Pierre-Alfred), rue de Bourbon, 28, à Lyon (Rhône).

LEGRIS (Édouard), constructeur de machines, à Maromme (Seine-Inférieure).

LEJEUNE (Charles-Émile) ✻, chef de l'exploitation du chemin de fer des Charentes, rue de Châteaudun, 42.

LE LAURIN (Jules), rue d'Assas, 11.

LELOUP (Joseph-Benoît), fabricant de sucres, à Arras (Pas-de-Calais).

LELOUP (Félix), à l'usine à gaz.

LEMARÉCHAL (Dieudonné-Jules), lamineur de métaux, rue Chapon, 3.

LEMASSON (Cyrille), O. ✻, chef de service de l'entretien du matériel et des magasins de la Compagnie du canal de Suez, à Ismaïlia (Égypte).

LEMOINNE (Lucien) ✻, directeur de l'Asile national de Vincennes, à Saint-Maurice (Seine).

LEMOINE (Émile-Michel), rue du Cherche-Midi, 55.

LEMONNIER (Paul), aux forges de Terre-Noire (Loire).

MM. Lemonnier (Paul-Hippolyte), avenue de Suffren, 26.
Lemonon (Ernest), à Arc-en-Barrois (Haute-Marne).
Lencauchez, rue du Faubourg-Saint-Martin, 212.
Leneveu (Ernest), chaussée Madeleine, 41, à Nantes (Loire-Inférieure).
Lenicque (Henri), ingénieur-directeur de la fabrique de matières colorantes, rue du Pont, 11, à Suresnes (Seine).
Le Page (Adrien-Frédéric), chef de l'exploitation du chemin de fer de Bône à Guelma, à Bône (Algérie).
Lepainteur (Constant), directeur de la Société des forges et aciéries d'Alfort-Ville (Seine).
Lepeudry (Paul-Noël), rue Montholon, 28.
Lepeudry père, rue Montholon, 28.
Leprince (Alexandre), ingénieur hydraulicien, à Vevey (Suisse).
Le Roy (Amable) ✻, faubourg Saint-Martin, 161.
Le Roy Desclosages (Raoul-Ch.), à Champigny-sur-Marne (Seine).
Lesauvage (Jean-Baptiste), ingénieur de l'arsenal de Fou-Tchéou, en Chine.
Lescasse (Jules), architecte, ingénieur à Yokohama (Japon).
Leseur (Léon-Henri), rue Saint-Lazare, 118.
Lespermont (Louis-Joseph-Amédée), boulevard de Sébastopol, 9.
Letellier (Antoine-Émile), rue Saint-Vincent-de-Paul, 7.
Letestu, fabricant de pompes, rue du Temple, 118.
Létrange (Léon), fondeur, lamineur et maître de forges, rue des Vieilles-Haudriettes, 1.
Levassor (Émile-Constant), ingénieur chez MM. Périn et Compagnie, avenue d'Ivry, 19.
Levat (Gustave) ✻, à Arles (Bouches-du-Rhône).
Level (Émile), boulevard Pereire, 100.
Lévêque (Alfred-Emmanuel-Louis), ingénieur des travaux maritimes au Chili.
Lévi-Alvarès (Albert), O. ✻ C. ✻, rue Miroménil, 94.
Leygue (Léon), rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 8.
Lhomme (Paul-Émile), aux hauts fourneaux de Marquise (Pas-de-C.).
Liébaut (Arthur), route d'Aubervilliers, 50, à Pantin.
Limet (Hippolyte), fabricant de limes, à Cosne (Nièvre).
Lippmann (Édouard), entrepreneur de sondages, rue de Chabrol, 51.
Litschfousse (Léon) C. ✻, Hiléras, 17, à Madrid (Espagne).
L'lamas (Emmanuel-Joseph-Eugène), directeur des verreries de M. Alain-Chartier à Dorignies, par Douai (Nord).
Lockert (Louis-Victor) ✻, rue des Petits-Hôtels, 34.
Loiseau (Adolphe), rue Rivay, 34, à Levallois (Seine).
Loiseau (Désiré), raffineur, rue de Flandre, 145.
Longpérier (Charles), rue Sabot, 6, à Meaux (Seine-et-Marne).

MM. LONGRAIRE (Léopold-François), via Goito, 10, à Gênes (Italie).
LOPEZ-BUSTAMENTE (Francisco), G. ✻, ingénieur en chef de la voie du chemin de fer d'Alard à Santander, rue du 24 Septembre, à Santander (Espagne).
LOREAU (Alfred-Isidore), constructeur, à Briare (Loiret).
LORIOL (de) (Louis), ingénieur de l'usine à gaz de Lyon, rue Centrale, 46, à Lyon (Rhône).
LOTZ-BRISSONNEAU (Alphonse-François), constructeur à Nantes (Loire-Inférieure).
LOUSTAU (Gustave), ✻ ✻ ✠ ✻, agent administratif du matériel du chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.
LOVE (Georges-Henri) ✻, rue Baudin, 21.

M

MM. MACABIES (Paul-Maurice-Joseph), rue de la Chapelle, 20.
MACHEREZ (Alfred), rue de Grenelle-Saint-Germain, 172.
MADELAINE (Édouard), à Saintes (Charente-Inférieure).
MAEGHERMAN (Anatole-Victor), à la gare de Lisbonne (Portugal).
MAIRE (Armand), rue de la Bienfaisance, 10.
MALDANT (Eugène-Charles), installation de travaux pour gaz et eaux, rue d'Armaillé, 27, aux Ternes.
MALLET (Anatole), rue de Larochefoucauld, 30.
MALLET (Paul-Alfred), boulevard de la Villette, 54.
MALLIÉ (Jules), quai Jemmapes, 82.
MALO (Léon) ✻, directeur des mines de Seyssel, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
MANBY (Charles), ✻ C. ✻ ✻ ✠, 60, Westbourne Ferrace, Hyde-Park, Londres (Angleterre).
MANGINI (Félix), rue des Archers, 1, à Lyon (Rhône).
MANGINI (Lucien), rue des Archers, 1, à Lyon (Rhône).
MANOURY (Armand-Joseph), directeur de la sucrerie de Lizy-sur-Ourcq (Seine-et-Marne).
MANTEGAZZA (Saül), piazza Durini, 7, à Milan (Italie).
MARCHAL (Victor), boulevard Montparnasse, 61.
MARCHÉ (Eugène-Ernest), rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 4.
MARCO MARTINEZ (Agapito), ingénieur de division du chemin de fer du Nord de l'Espagne, Obispo, 24, à Valladolid (Espagne).
MARÉCHAL (Alfred), rue de Turin, 14.
MARIN (Paul), filateur à Bühl, près Guebwiller (Haut-Rhin).
MARINDAZ (Jules-Charles), rue Moncey, 2.
MARIOTTE (Charles), rue Saint-Louis-en-l'Ile, 51.
MARLAND (Joseph), métallurgiste, à Aubenas (Ardèche).

MM. **Marle** (Paul), à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
Marsau (Anatole-Victor), rue de la Bruyère, 24.
Marsillon (Jean) ✱, ingénieur principal, à Vesoul (Haute-S.).
Marsillon (Léon), boulevard Haussmann, 80.
Martenot ✱, à Ancy-le-Franc (Yonne).
Martin (Charles), directeur d'une fabrique de produits pharmaceutiques, avenue Victoria, 24.
Martin (Louis) ✱, ingénieur en chef du chemin de fer de Vincennes, boulevard Beaumarchais, 54.
Martin (Charles-William), avenue de la Reine-Hortense, 13.
Masure (Gustave), directeur de la Société de construction de chemins de fer, rue du Progrès, 71, à Bruxelles (Belgique).
Masselin (Armand), rue de Vaugirard, 372.
Massicard (Émile-Alexandre-Joseph), métallurgiste, à Gençay (Vienne).
Masson (Georges), impasse Béranger, 11, à Vaugirard.
Mathias (Félix), ✱ O. ✱ ✱ ✠ ✱, rue de Dunkerque, 20.
Mathias (Ferdinand) ✱ ✱, à Lille (Nord).
Mathieu (Henri) ✱, rue Casimir-Périer, 27.
Mathieu (Ferdinand), O. ✱, rue de Provence, 56.
Mathieu (Maurice), inspecteur du matériel et de la construction des chemins de fer du Nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).
Matthiessen (James-Adolphe), rue de Vienne, 5.
Mauget (Jean-Aristide) ✱, rue de Chabrol, 51.
Mauguin (Pierre-Étienne), rue Taitbout, 80.
Maure (Edmond), avenue Percier, 10.
Maury (Noël), boulevard des Batignolles, 41.
Maury (Arthur-Nicolas), hôtel de la Poste, à Airolo, canton du Tessin (Suisse).
Maxevelle (Farnham), 6, cité de Retiro, faubourg Saint-Honoré.
Mayer (Ernest) ✱, rue Moncey, 9.
Meiner (Charles-Louis), maître de forges, à l'Isle-sur-le-Doubs (Doubs).
Mehrmann (Auguste-Albert), chef des ateliers de la Compagnie de l'Est, rue Pajol, 22.
Mékarski (Louis), avenue de Clichy, 96.
Mélin (Jules-Léon), rue Louvois, 6.
Méliton (Martin), ingénieur en chef de la construction du chemin de fer du Nord-Ouest, calle del Avenal, 20, à Madrid (Espagne).
Ménager (Eug.-Benj.-Antoine), rue de Paradis-Poissonnière, 17 *bis*.
Mensier (Alphonse-Eugène), à la gare de l'Est, rue de Strasbourg.
Méraux (Gustave-Louis), rue de Chabrol, 36.
Mercier (Auguste), chimiste de la Compagnie du chemin de fer de Lyon, rue Pierre-Levée, 18.

MM. **Mercier** (Théophile-Auguste), chef de section de la voie au chemin de fer du Nord de l'Espagne, calle de Luna, 29, à Madrid (Espagne).

Mercier (Louis-Gustave), n° 9, Volksgartenstrasse, à Vienne (Autriche).

Mesdach (Louis-Charles-Marie), ✱ C. ✠ ✱ ✱, rue Saint-Paul, 28.

Mesmer ✱, à Graffenstaden (Alsace).

Mesnard (Auguste), ingénieur des ateliers de la maison Cail, rue de l'Université, 183.

Meyer (J.-J.), rue Louis-le-Grand, 22.

Meyer (Adolphe), rue Louis-le-Grand, 22.

Meyer (Henri), rue de la Verrerie, 58.

Mianne (Gabriel-Antoine), rue de la Charité, 70, à Lyon (Rhône).

Michaud (Edmond), fabricant de savons, rue de Pantin, 49, à Aubervilliers (Seine).

Michaud (Jules), rue de Rennes, 105 *bis*.

Michel (Alphonse), à Troyes (Aube).

Michelant ✱, chef de traction au chemin de fer d'Orléans, boulevard Beaumarchais, 68.

Michelet (Émile), fabricant de plâtre, quai Valmy, 161.

Mignon ✱, constructeur, rue Oberkampf, 151.

Mirecki (Antoine-Slavomir), boulevard Magenta, 150.

Mitchell (William) ✱ ✱, boulevard Beaumarchais, 34.

Moerath (Jean-Népomucène) ✱, ingénieur en chef de l'Associato dell' Impressa générale di Costruzioni Traghetto alla Madonetto, 1445, à Venise (Italie).

Mohr (Frédéric-Christian-Michael), avenue Trudaine, 27.

Moisant (Armand), constructeur, boulevard de Vaugirard, 20.

Molin (de) (Georges-Henri), avenue de Belle-Roche, 1, à Lausanne (Suisse).

Molinos (Léon-Isidore) ✱, rue de Châteaudun, 2.

Moll (Henri), route de Toulouse, 144, à Bordeaux (Gironde).

Mollard, rue de l'Écluse, 17.

Mollet (Joseph-Charles-Firmin), à Guillaucourt (Somme).

Monard (Charles), rue Perdonnet, 12.

Monbro (Georges), représentant d'usines anglaises, rue Louis-le-Grand, 11.

Moncharmont (Paul), rue des Récolets, 20, à Anvers (Belgique).

Monfray (Albert), filateur, à Deville-les-Rouen (Seine-Inférieure).

Monin (Charles), associé de la maison Rouffet, constructeur, rue Saint-Ambroise, 33.

Monnier (Démétrius), rue de Londres, 5.

Monnot (Paul-Charles), impasse Royer-Collard, 4.

Montel (François), ingénieur aux usines de Fourchambault, rue Augusta, 188, à Lisbonne (Portugal).

MM. **Montouan** (André), rue d'Auge, 46, à Caen (Calvados).
Mony (Stéphane), O. ✻, à Commentry (Allier).
Morandière (Jules-Raoul), inspecteur principal du matériel et de la direction des chemins de fer de l'Ouest, rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Morandière (Edouard-Alexis), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Moreau (Albert), rue de Seine, 6.
Moreau (Émile), rue de la Tour, 16, à Bordeaux (Gironde).
Moreau (Auguste-François-Xavier), à Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
Moreaux (Félix) ✻ ✠ ✻ ✻, rue de Ponthieu, 1.
Morice, ingénieur du service de la voie, à Hazebrouck (Nord).
Morin (le général), G. ✻ ✠ ✻ ✻, directeur du Conservatoire des Arts-et-Métiers, rue Saint-Martin, 292.
Mors (Louis), rue Saint-Martin, 4 *bis*.
Mouchelet (Émile), rue de la Bienfaisance, 4.
Mulat (Pierre-Alexandre) ✻, aux Verreries de Fourmies (Nord).
Muller (Adrien), à Jemmape-lez-Liége (Belgique).
Muller (Émile) ✻, professeur à l'École centrale, rue des Martyrs, 19.

N

MM. **Nancy** (Alfred), rue du Cheval-Blanc, 13, à Chartres (Eure-et-Loir).
Naranzo de la Gazza (Henri), ingénieur des mines, à Linares, province de Jaen (Espagne).
Néri (Ferreira-Jean) ✻, ingénieur, chez M. Souza, rua do Ouvidor, 69, à Rio-de-Janeiro (Brésil).
Niaudet (Alfred), rue de Seine, 6.
Nicod (Émile), à Audincourt (Doubs).
Nillus (Albert-Emmanuel), rue de Rome, 71.
Nizet (Charles), rue de Rennes, 89.
Nobel (Alfred), avenue Malakoff, 53.
Noisette ✻, rue des Poissonniers, 32, à la Chapelle.
Nordling (Wilhelm) ✻ ✻ ✻, directeur général des chemins de fer de l'Autriche, à Vienne (Autriche).
Normand fils (Benjamin) ✻, constructeur, rue des Marettes, 119, à Sotteville-les-Rouen (Seine-Inférieure).
Nougaret (Jean-Joseph), rue Saint-Palais, 119, à Saintes (Charente-Inférieure).
Nousse (Ernest), à Cercanceaux, près Souppes (Seine-et-Marne).
Noyer (Alexandre), rue Picard, 2, à Ivry (Seine).
Nye (Henry), boulevard de Clichy, 74.

O

MM. Ogier (Louis), directeur de la fabrique de caoutchouc, à Blanzet (Puy-de-Dôme).
Ollivier (Achille), boulevard Beaumarchais, 51.
Orsat (Louis-Hingest) ✱, rue de la Victoire, 29.
Orsatti (Camille) O. ✱ ✱, rue Neuve-des-Petits-Champs, 38.
Ory (Paul-Étienne), rue du Pont-aux-Choux, 17.
Osmond (Floris), hôtel de l'Europe, à Denain (Nord).
Oudot (Charles), rue des Saints-Pères, 5.
Oughterson (George-Blake), fondeur, à Rouen (Seine-Inférieure).
Ozanne (Alexandre), architecte du département des Landes, à Mont-de-Marsan (Landes).

P

MM. Paget (Frédéric-Arthur), 1, Seymour Chambies, York-Buildings, Adelphi, W. C. (Londres).
Pajot (François-Théophile), rue du Faubourg-Saint-Honoré, 52.
Palotte (Émile) fils, rue Saint-Georges, 4.
Parent (Félix-Victor-Philippe), directeur des mines de Castille Barruelo, Palencia (Espagne).
Pareto-Vilfredo, directeur des forges de San-Giovani, Toscane (Italie).
Parlier (Jean-Louis-Édouard), rue des Marronniers, 20, à Passy.
Pascal, rue de l'Abbaye, à l'île Saint-Denis (Seine).
Pascal (de) (Louis-Henri-Marie), à Haumont (Nord).
Pasquet-Chamier (Georges-Antoine), au Chatenet de Grun, par Bordas (Dordogne).
Paul-Dubos (Antoine), rue de Clichy, 67.
Paul (Ernest), ingénieur en chef du matériel et de la traction aux chemins de fer portugais, à Lisbonne (Portugal).
Payard (Charles-Émile), chimiste, à Baccarat (Meurthe).
Peiger (de) (Raymond-Ferdinand), avenue Friedland, 63.
Pélegrin (Henri-Auguste), ingénieur de la Yokohamas gas company, à Yokohama (Japon).
Pélegry (Maurice-François-Henri), maître des forges et laminoirs du Bazacle, à Toulouse (Haute-Garonne).
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.

MM. Pereire (Eugène), O. ✻ ✻, boulevard Malesherbes, 84.
Pereire (Émile) fils, rue de Morny, 89.
Pereire (Henri), rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Pérignon (Eugène), O. ✻, faubourg Saint-Honoré, 105.
Périssé (Jean-Sylvain), rue Boursault, 59.
Pernolet (Arthur), rue de Luxembourg, 42.
Perrault (Auguste-Étienne) ✻, à Sées (Orne).
Pesaro (Jules), à Lille (Nord).
Petau (Gustave-Gédéon), constructeur, rue du Ranelagh, 8, à Passy.
Petin, O. ✻, maître de forges, à Rive-de-Gier (Loire).
Petit (François-Pierre-Guillaume), manufacturier à Louviers (Eure).
Petit (Émile-Charles), fabricant de papiers, rue des Minimes, à Roanne (Loire).
Petit (Germain-Félix-Amédée), rue Saint-Lazare, 70.
Petit (Lucien), rue Jeanne-d'Arc, 67, à Rouen (Seine-Inférieure).
Petitjean, rue de Bruxelles, 13.
Petre, boulevard de Latour-Maubourg, 15.
Pettit (Marie-Gabriel-Édouard), cours Boieldieu, 2 *bis*, à Rouen (Seine-Inférieure).
Picard (Maurice-Félix-Antoine), rue de la Reine, 57, à Lyon (Rhône).
Picard (Firmin), ✻ C. ✻ ✻, entrepreneur de travaux publics, place Vendôme, 12.
Pichault (Stéphane), chef de section du matériel des chemins de fer de la Société de John Cockerill, rue Nicolaï, 80, à Seraing (Belgique).
Pierre (Antoine), à Remiremont (Vosges).
Pierron ✻, rue des Batignolles, 43, aux Batignolles.
Piet (Jules), appareils de chauffage et de ventilation, rue de Chabrol, 33.
Piret (Auguste) fils, constructeur de machines, rue Neuve-Popincourt, 8.
Pillichody (Arnault), directeur du chemin de fer de Lausanne-Ouchy et des eaux de Bret, à Lausanne (Suisse).
Pinat (Anatole), ingénieur des hauts fourneaux et forges d'Allevard (Isère).
Piquet (Aimé-Auguste), rue de la Tour, 22, à Passy.
Piquet (Alfonse), C. ✻ ✻ ✻, 5, plaza de Isabel, à Madrid (Espagne).
Place (de) (Henri), ingénieur en chef de l'exploitation des houillères de Saint-Éloi, par Montaigut-les-Combrailles (Puy-de-Dôme).

MM. PLAINEMAISON (Édouard), ingénieur du matériel et de la traction aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, calle Mendizabal, 6, à Valladolid (Espagne).

PLAZANET (Joseph-Antoine) ✻, fabricant de produits chimiques, rue des Gravilliers, 23.

PLOQ (Ernest), faubourg Saint-Denis, 220.

POILLON (Louis-Marie), constructeur de machines, boulevard de Magenta, 1.

POIRET (Émile), au Mans (Sarthe).

POLLET (Henri), directeur des mines de l'Horcayo Estacion de Veredas, province de Ciudad Réal (Espagne).

POLONCEAU (Ernest-Gustave), O. ✻, sous-directeur de l'exploitation du chemin de fer de l'État, Schwartzemberg plates, 17, à Vienne (Autriche).

POMPON (Henri), chef de section à la Compagnie des Charentes, à Niort (Deux-Sèvres).

PONCELET (Antoine), ✻ G. O. ✻ C. ✻ O. ✠, rue Monsigny, 2.

PONCIN (Frédéric), directeur des chemins de fer au ministère des travaux publics, à Belgrade (Turquie).

PONSARD (Auguste-Jean-Jules-Alexandre), O. ✻, rue de Constantinople, 2.

PONSELLE (Georges-Nicolas-Eugène), rue de Provence, 62.

PORTE (Napoléon-Cyprien), directeur de l'usine à gaz de Grenoble (Isère).

POSSOZ (Antoine), chimiste, rue du Dôme, 9.

POT (Charles), rue Rougier, 2, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

POTHIER (Francis), administrateur de plusieurs sociétés de Mines, rue de Penthièvre, 6.

POTTIER (Ferdinand) ✻, passage des Eaux, 4, à Passy.

POUELL, ingénieur de la voie au chemin de fer du Nord, à Douai (Nord).

POUPARD, ingénieur à la compagnie de Fives-Lille, rue Pauquet, 21.

POURCEL (Alexandre), ingénieur des usines de Terre-Noire (Loire).

POWEL (Thomas), constructeur-mécanicien, à Rouen (Seine-Inf.).

PRISSE (Édouard-Louis) ✻, directeur du chemin de fer d'Anvers à Gand, à Saint-Nicolas (Belgique).

PRIVÉ (Georges), rue du Luxembourg, 14.

PRONNIER (Charles) ✻ ✻, quai Voltaire, 23.

PROUTEAUX (René-Albert), ingénieur des forges de Semouse et directeur de la manufacture de Plombières (Vosges).

PRUDON (Jean-Marie), directeur des ateliers de construction H. Joret et Cie, à Montataire (Oise).

PRUS (Georges), ingénieur de la Vieille-Montagne, au consulat de France, à Santander (Espagne).

MM. Puig y Llagostera, San-Francisco, 25, à Barcelone (Espagne).
Pury (de) (Gustave) ✱, rue du Château, 16, à Neuchâtel (Suisse).
Puylaroque (de) (Raymond), rue de l'Université, 159.

Q

MM. Quéruel (Auguste), boulevard Voltaire, 128.
Quesnot (Louis-Auguste-Émile), boulevard Mazas, 20.

R

MM. Rancès (Frédéric) ✱, ingénieur du matériel au chemin de fer du Midi, rue d'Aviau, 27, à Bordeaux (Gironde).
Raspail (Émile-Jules), chimiste, rue du Temple, 14.
Rebière (Guillaume) ✱, à Reims (Marne).
Redon (Martial), allée des Bénédictins, à Limoges (Haute-Vienne).
Régel (de) (Philippe-Constant) ✱, à Lutzelhausen (Alsace).
Regnard (Louis-Paul-Antoine), rue Béranger, 6.
Regnault (Jules) ✱, ingénieur divisionnaire de l'exploitation au chemin de fer de l'Ouest, rue de Stockholm, 4.
Remaury (Henry), directeur des forges de Pompey, par Frouard (Meurthe-et-Moselle).
Renard (François-Nicolas), rue du Bac, 122.
Renard (Lucien) ✱, directeur de la Compagnie chaufournière de l'Ouest, rue Saint-Lazare, 94.
Retz (de) (Marie-Charles-Jean), chef du service des hauts fourneaux et fonderie de Saint-Louis-Marseille (Bouches-du-Rhône).
Revin (Jules-Henri-Victor), route de Péronne à Roye (Somme).
Revy (Jules-Jean-Hope), villa Camphille Road Crogdan, à Londres (Angleterre).
Rey (Louis-Pierre-Félix) ✱, ingénieur chez MM. Chevalier-Chélus, constructeurs de wagons, rue d'Auteuil, 52.
Reydellet (de) (Hyacinthe-Joseph-Henry) ✱ ✱, rue de Lisbonne, 17.
Reymond (Francisque), entrepreneur, place de la Mairie, à Montbrison (Loire).
Reynaud (Charles), à Cette (Hérault).
Reynaud (Georges), associé de la maison Oudin Dubois, à Betheneville, par Pont-Faverger (Marne).
Ribail (Xavier) ✱, ingénieur de la traction au chemin de fer de l'Ouest, rue du Chemin-de-Fer, 35.

MM. Ribourt (Léon-Eugène-Isidore), à Altorf-Uri (Suisse).
Richschi (Sigismond), Sidonien strass, 8, à Dresde (Saxe).
Richard (Jean-Louis) ✱, ingénieur en chef de la Compagnie du chemin de fer des Charentes, rue Billault, 31.
Riche (Antoine-Joseph), directeur des forges et laminoirs de l'Alliance, à Charleroi (Belgique).
Riche (Armand), rue Ducau, 27, à Bordeaux (Gironde).
Richemond (Émile-Louis), rue Malesherbes, 38.
Ridder (de) (Pierre-Octave), avenue du Coq, 3.
Rigollot (Ernest), à la gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.
Rocaché (Louis-Jules), rue de la Roquette, passage Sainte-Marie, 12.
Rockliff (James), 97, Hygh street, Portsmouth (Angleterre).
Rognetta (François-Benoît), O. ✱ ✠ ✱, 24, via Cernaïa, à Turin (Italie).
Rogé (Xavier), maître de forges, à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).
Rohart (François-Ferdinand), chimiste, rue Legendre, 55.
Rolin (Eugène), constructeur, à Braime-le-Comte (Belgique).
Rolin (François-Étienne), à Boissise-la-Bertrand, par Melun (Seine-et-Marne).
Romme (Alfred) ✱, à Saint-Quentin (Aisne).
Ronna (Antoine) ✱ ✱, secrétaire du Comité de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, boulevard Haussmann, 25.
Roques (Adrien-Jacques), place du Cerf-Volant, 13, à Bordeaux (Gironde).
Rosiés (Aristide), rue Clapier, 6, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Rouart, constructeur, rue Oberkampf, 149.
Rouget (Paul-Frédéric), directeur de l'usine à gaz de Brest (Finistère).
Rouit (Henry), ingénieur de la Compagnie du Médoc, rue de la Course, 7, à Bordeaux (Gironde).
Roussel (Henri-Léon-Joseph), sous-directeur de la Société industrielle et de commerce, à Odessa (Russie).
Roy (Edmond) ✱, rue de Luxembourg, 3.
Roze (Eugène), fabricant de toiles cirées, rue du Château-d'Eau, 60.
Rozycki (Stanislas), au Creuzot, rue Montchanin, 11 (Saône-et-Loire).
Rubin (Arthur), rue de Douai, 3.
Rueff (Léon), rue de Châteaudun, 10.
Ruolz (de), O. ✱ G. O. ✱ C. ✱, inspecteur général des chemins de fer, rue de Condé, 9.
Rycerski (Félix-Lucien-Antoine), 29, Schiller strasse, à Bochum (Westphalie).

S

MM. Saint-James (Charles), inspecteur de la voie au chemin de fer du Nord, à Tergnier (Aisne).

Saladin (Émile), rue de Bellevue, 2, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Salesse (Paul-Alphonse), inspecteur de la traction et du matériel, rue de l'Alma, 22, à Tours (Indre-et-Loire).

Salleron (Ernest), architecte, à Sens (Yonne).

Salomon (Louis-Antoine-Marie), rue de Laval, 22.

Salomon (Léon-Georges), rue de Rivoli, 33.

Salvetat (Alphonse) ✠ ✠ ✠, chef des travaux chimiques, à la Manufacture nationale de Sèvres (Seine-et-Oise).

Sandberg (Christer-Geter), 19, Great George street, Westminster, S. W., à Londres (Angleterre).

Sautter (Louis) ✠, constructeur de phares lenticulaires, avenue de Suffren, 26.

Sauvan-Deleuze (Louis), quai de la Mégisserie, 20.

Savalle (Désiré), constructeur, avenue Uhrich, 64.

Savy (Léopold), ingénieur, avenue de Villiers, 101.

Scellier (Henri), fondeur, à Voujaucourt, près Montbéliard (Doubs).

Schabaver (François), constructeur de machines, à Castres (Tarn).

Schaeck (Augustin-Clément), quai de Jemmapes, 84.

Scheidecker (Léon), à Lutzelhausen (Alsace).

Schivre (Jean-Pierre), directeur des ateliers du Grand-Hornu, près Mons (Belgique).

Schivre (Gustave-Georges-Henri), ingénieur aux ateliers du Grand-Hornu (Belgique).

Schlincker (Michel-A.), maître de forges, à Creutzwald (Lorraine).

Schlumberger (Henri) ✠, au château de Guebwiller (Alsace).

Schmerber (Jean), à Tagolsheim, par Altkirch (Alsace).

Schmoll (Adolphe), entrepreneur de travaux publics, Wollzeile, 40, à Vienne (Autriche).

Schwendner (Alexandre), rue Sainte-Catherine, 50, à Odessa (Russie).

Sebillot (Amédée), avenue de Paris, 104, à Saint-Denis.

Seebold (Lothaire-François), C. ✠ O. ✠ ✠ ✠, Bidebarieta, 12, 2e peso, à Bilbao (Espagne).

Seiler (Albert-Louis), boulevard de Magenta, 26.

Selle (de) (Albert-Marie), Château de Fontienne, par Forcalquier (Basses-Alpes).

MM. Sepres (de) (Henri-Robert-Yves), 9, calle de Campomanes Tercero derecha, à Madrid (Espagne).

Sepulchre (Armand-Joseph), ingénieur, directeur des hauts-fourneaux d'Aulnoye, à Aulnoye-les-Berlaimont (Nord).

Ser (Louis) ✠, rue Soufflot, 25.

Séraphin (Charles-André), constructeur, faubourg Saint-Martin, 172.

Sérafon ✳, cité Pigalle, 6.

Sergueeff (Nicolas) ✠, rue Delaborde, 34.

Serment (Frédéric-Louis), rue de la Darse, 9, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Serres (de) Wierffinski (Auguste), sous-directeur des travaux aux chemins de fer de l'État, Kuntnez Ring, 3, à Vienne (Autriche).

Serverac (Jacques-Paul), constructeur de matériel roulant pour chemins de fer, boulevard Macdonald, 1.

Servier (Édouard), directeur de l'usine à gaz, avenue Serpenoise, 9, à Metz (Lorraine).

Seyrig (Théophile), associé de la maison Eiffel et Cie, place Wagram, 2.

Sherman (John-Edwin), avenue Joséphine, 63.

Siéber, rue Trézel, 1, à Batignolles.

Siemens (William), métallurgiste, rue de Châteaudun, 11.

Smith (Louis-Christian-Henri), rue de la Chaussée-d'Antin, 45.

Simon (Édouard), directeur de filature, rue Meslay, 32.

Simon (Henri), 7, Saint-Peters square, à Manchester (Angleterre).

Simon (Gustave), au Creuzot (Saône-et-Loire).

Simons (Paul), au Cateau (Nord).

Somasco (Charles), rue du Chemin-Vert, 42.

Sonolet (Gustave-Auguste), rue Judaïque, 65, à Bordeaux (Gironde).

Soulié (Émile-Léon), boulevard Malesherbes, 60.

Soupey (Henry), rue de la Bruyère, 14.

Sparre (le comte) (Pierre-Ambjor), O. ✠ ✳, ingénieur-mécanicien, rue Abbatucci, 7.

Spée (Alphonse-Marie-Joseph) ✠, place de Louvains, 1, à Bruxelles (Belgique).

Stapfer (Daniel), constructeur-mécanicien, boulevard de la Mayor, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Stilmant (Philippe-Louis-Aimé), constructeur de freins, rue de Rome, 129.

Stoclet (Victor), chaussée Charleroi-Saint-Gilles, 5, à Bruxelles (Belgique).

Suc (Étienne-Arsène), boulevard de la Villette, 50.

Sulzberger-Ziegler (Henry), constructions en bois, à Winterthur (Suisse).

MM. Selle (de) (Albert-Marie), château de Fontienne, par Forcalquier (Basses-Alpes).

T

MM. Taillades (des) (Henri), avenue des Ternes, 44.

Taillandier (François), chef de section au chemin de fer de Ciudad-Real à Badajoz, à Puertollano (Espagne).

Taillard (Ernest) ✠ ✠ ✠, rue Rossini, 4.

Tarantini (Serafino), 13, via Carrozzieri, à Montéoliveto, à Naples (Italie).

Tardieu (Henri-Ernest), rue Neuve, 17, à Compiègne (Oise).

Terrier (Paul-Jacques-Victor), secrétaire général de la Compagnie des travaux publics, rue de Provence, 56.

Tesse (Paul), rue de Maubeuge, 18.

Tessie du Motay (Cyprien-Marie), boulevard de Courcelles, 118.

Tétard (François), à la gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.

Thauvin (Pierre-Jules), à Pise-Fontaine près Triel (Seine-et-Oise).

Theurkauff (Achille-Henri), boulevard du Palais, 11.

Thibaudet (James-Nicolas), à l'usine à gaz, à Arenc, banlieue de Marseille (Bouches-du-Rhône).

Thibault (Louis-Marie), fabricant de papiers, à Troyes (Aube).

Thirion (Charles), boulevard Beaumarchais, 95.

Thirion (Antoine-Romain), constructeur-mécanicien, rue de Vaugirard 147.

Thomas (Jules-Émilien), boul. Central, 17, à Bruxelles (Belgique).

Thomas (Pierre), rue Prado, 111, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Thomas (Frédéric) ✠ ✠ ✠, à la gare de Toulouse (Haute-Garonne).

Thomas (Max), quai Voltaire, 11.

Thomas (Léon), fabricant de produits chimiques, quai de Javel, 83.

Thouin (Charles) ✠ ✠ ✠, ingénieur du mouvement au chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.

Thoyot (Joseph) ✠, rue de Greffulhe, 3.

Thurston (Robert), Hoboken, 9, New-York (États-Unis d'Amérique).

Tiquet (Pierre-Maurice-Gustave), maître de forges, à Vesoul (Haute-Saône).

Tournade de Noaillat (Lucien-H.-Amable) ✠, rue Gozlin, 31.

Tourgon (Joseph-Barthélemy), aux charbonnages de Mondragon (Vaucluse).

Trélat (Émile), O. ✠, boulevard Montparnasse, 136.

Tresca (Henri), O. ✠ ✠ ✠ ✠, sous-directeur au Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.

MM. Tresca (Alfred), rue Saint-Martin, 292.

Tresca (Gustave-Jules), rue Saint-Martin, 292.

Trémeau (Alexandre-Henry-Auguste), aux forges de Bigny (Cher).

Trevellini (Louis), à Florence (Italie).

Tridon (Victor), chef du service technique de la Société ottomane des travaux publics, 8, Humboldt, Elias strasse, à Dresde (Saxe).

Tronchon (Jean-Anatole), impasse Mairet, 6, à Meaux (Seine-et-Marne).

Tronquoy (Camille), ingénieur aux chemins de fer du Midi, boulevard Haussmann, 54.

Turck (Michel), rue Bernouillé, 11.

U

MM. Ubags (Théophile), faubourg Saint-Honoré, 205.

Uhagon (Pierre-Pascal), ingénieur de la Société minière et métallurgique de Linares, province de Jaen (Espagne).

Ulens (Léon), rue du Trône, 8, à Bruxelles (Belgique).

Urbain (Victor), boulevard Beaumarchais, 30.

Urban (Maurice-Pierre), ingénieur en chef, directeur de la traction et du matériel du chemin de fer du Grand-Central Belge, rue de la Loi, 102, à Bruxelles (Belgique).

V

MM. Vaessen, directeur des ateliers de la Société Saint-Léonard, à Liége (Belgique).

Valentin (Léopold) ❋ ✠, rue Galilée, 6, à Bruxelles (Belgique).

Vallez (Alphonse), rue des Anges, 10, à Valenciennes (Nord).

Valton (Ferdinand), directeur de la Société des fers et aciers, rue de Londres, 44.

Vandel (Émile), maître de forges de la Ferrière-sous-Jougne (Doubs).

Vanderheym (Eugène-Napoléon), directeur des forges d'Urville (Haute-Marne).

Vaugarnie (Victor), au fort Saint-Cyr (Seine-et-Oise).

Vauthier, rue Saint-Lazare, 11.

Vautier (Émile), administrateur de l'usine à gaz, rue Centrale, 46, à Lyon (Rhône).

Vauvillier (Laurent-Louis), secrétaire de la direction générale des chemins de fer portugais, à Lisbonne (Portugal).

MM. **Vée** (Léonce-Émile), ingénieur expert près les tribunaux, rue de Rome, 61.

Véga (Domingo), boulevard Haussmann, 140.

Vegni (Angelo), C. ✱ ✱ ✱, via San Nicolo, 131, à Florence (Italie).

Vellut (Félix-Léon-Célestin) ✱, directeur des ateliers de la Sambre, à Charleroi (Belgique).

Vène (Philippe), à Lapoularié, par Castres (Tarn).

Verdié ✱, gérant des aciéries et forges de Firminy (Loire).

Verdié fils (Jean-Eugène), directeur des hauts-fourneaux de Firminy (Loire).

Vergnes (Paul-Eugène), chef de service de la construction de la ligne d'Angoulême à Limoges, avenue du Midi, 17, à Limoges (Haute-Vienne).

Vergnol (Joseph-Camille-Paul), chef du bureau de la construction à la Compagnie des Charentes, rue Truffaut, 37.

Vérité (Augustin-Lucien), horloger, à Beauvais (Oise).

Verrier (Charles-Joseph-Auguste), chef des chantiers et ateliers de Bacalan, rue de Lormon, 5, à Bordeaux (Gironde).

Verrine (Louis-Justin), ingénieur du service municipal de la ville de Caen, rue des Carmélites, 38, à Caen (Calvados).

Vestraet (Louis), rue du Parc, 25, à Charenton-le-Pont (Seine).

Vidard (Jean-Baptiste), inspecteur du matériel et de la traction aux chemins de fer de l'Ouest, rue de Moscou, 50.

Vielliard (Léon-Jean), rue Lafayette, 211.

Vieillard (Jules-André-Albert), fabricant de faïences et porcelaines, quai de Bacalan, 77, à Bordeaux (Gironde).

Vigan (Eugène-Médéric), à l'usine à gaz, cours de Vincennes, 45.

Vignier (Pierre-Auguste) ✱, ingénieur de la voie au chemin de fer de l'Ouest, rue Lacondamine, 98, à Batignolles.

Vigreux (Léon), rue de Birague, 16.

Villard (Théodore), boulevard Malesherbes, 171.

Villermé, à Trelon (Nord).

Vinit (Pierre-Arsène), inspecteur du matériel au chemin de fer de Lyon, rue de Greffulhe, 9.

Violet (Adolphe-Charles-Henri) ✱ ✱, directeur des usines de Belvoye, près Dôle (Jura).

Viollet-le-Duc père (Eugène-Emmanuel), O. ✱ ✱, architecte, rue Condorcet, 68.

Virla (Paul), rue de Châteaudun, 34.

Viron (Charles-Louis), chef de section au chemin de fer d'Orléans, à la gare de Tours (Indre-et-Loire).

Vitali (Philippe), entrepreneur, place Vendôme, 12.

Vivien (Armand), chimiste, rue Sainte-Anne, 54, à Saint-Quentin (Aisne).

MM. VLASTO (Ernest), chez M. Antoine Vlasto, directeur de la banque de Constantinople (Turquie).

VOISIN (Placide-Eugène), rue des deux Gares, 11.

VOJACEK (Ladislas), ingénieur au chemin de fer Nord-Est suisse, à Nordostbahuhof, à Zurich (Suisse).

VORUZ aîné ✱, constructeur, à Nantes (Loire-Inférieure).

VUIGNER (Henri-Louis), rue de l'Université, 30.

VUIGNER (Adrien), rue de Lille, 46.

VUILLEMIN (Émile) ✱, directeur des Mines d'Aniche (Nord).

VUILLEMIN (Louis-Charles) ✱ O. ✱ ✠ ✱, ingénieur-conseil du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est, rue de Vigny, 1.

W

MM. WALKER (William-Thomas), Finsburg Circus, 8, E. C. à Londres (Angleterre).

WAHL ✱, rue du Quatre-Septembre, 16.

WALLAERT (Auguste), boulevard de la Liberté, 23, à Lille (Nord).

WATSON (Joseph-Jean-Guillaume), place Vendôme, 16.

WATTEVILLE (de) (Charles-Louis), rue de Rennes, 105.

WEIBEL (Jules-Henri), constructeur d'appareils de chauffage, Tranchées de Rive, rue de Malagnou, à Genève (Suisse).

WEIL (Frédéric), O. ✱, chimiste expert, rue des Petites-Écuries, 13.

WELTER (Jean-Baptiste-Jacques), rue des Charbonniers, 2.

WENDEL (de) (Paul-François-Henri), maître de forges, à Moyeuvre (Alsace-Lorraine).

WEST (Auguste-Émile), chef des travaux au laboratoire d'Essais à la Cie des chemins de fer de l'Ouest, rue Bonaparte, 13.

WEYHER (Charles-Louis) ✱, constructeur de machines, route d'Aubervillers, 50, à Pantin (Seine).

WHALEY (Georges), ingénieur des ateliers des chemins de fer de l'Ouest, à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).

WIARD (Léopold), teinturier, à Cambrai (Nord).

WILLEMS (Joseph), rue du Progrès, 36, à Bruxelles (Belgique).

WISSOCQ (Alfred), ingénieur de l'atelier central du chemin de fer du Nord, faubourg Poissonnière, 96.

WOHLGUEMUTH, ingénieur du draguage du Port, calle Alta de So Pedro, no 15, 3. Po, à Barcelone (Espagne).

WOYCIECHOWSKI (Lucien), directeur de la Société des chemins de Seine-et-Marne, rue Chaptal, 18.

WURGLER (André), rue de Rome, 66.

WOESTYN (Alphonse-Sevin-Cornill), fabricant de sucre, boulevard Haussmann, 80.

X Y Z

M. Xavier (Jean), rue de Châteaudun, 35.

MM. Yvert (Léon), ingénieur expert, rue de Londres, 4.
Yvon-Villarceau (Antoine), ✻ ✻ ✻, membre de l'Institut, avenue de l'Observatoire, 18.

M. Ziegler (Jean-Jacques), rue de Courcelles, 50.

Membres Associés.

MM. Agache (Édouard), filateur, à Lille (Nord).
André (Nicolas-Oscar), constructeur de combles métalliques, rue Charles-Laffitte, 49, à Neuilly-sur-Seine.
Barbedienne, C. ✻, bronzes d'art, boulevard Poissonnière, 30.
Belin (Alphonse), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
Bischoffsheim (Raphaël), banquier, rue de Gramont, 27.
Bizot (Emmanuel-Eugène) ✻, rue de Lyon, 7, à Lyon (Rhône).
Blanchet (Aristide-Paul), à Henrichemont (Cher).
Borrel-Fontany (Amédée-Philippe), horloger-mécanicien, rue Neuve-des-Petits-Champs, 47.
Bougarel (Étienne), garde mine, rue de Dunkerque, 24.
Brichaut (Auguste), O. ✻ ✻ ✠ ✻, rue Saint-Paul, 9.
Chabrier (Fortuné), avenue de la Reine-Hortense, 5.
Chaize (L.-El.), administrateur délégué de la Cie des Bateaux-Omnibus, route de Versailles, 125.
Chameroy (Edme-Augustin), faubourg Saint-Martin, 162.
Champonnois (Hugues), presses continues, rue Neuve-des-Petits-Champs, 45.
Chateau, associé de la maison Farcot, au port Saint-Ouen (banlieue).
Chavannes, boulevard Haussmann, 134.
Chavassieu (Jean-Baptiste), député, rue de l'Université, 22.

MM. Claudin (Henri), armurier, boulevard des Italiens, 38.
Collin (Armand), horloger, rue Montmartre, 118.
Coutant (L.-Eug.), maître de forges, rue Nationale, à Ivry (Seine).
Coutelier (Edmond-Jules), fabricant d'ornements estampés, boulevard Richard-Lenoir, 74.
Coutin (Jules-Henri), inspecteur du service commercial au chemin de fer de l'Ouest, rue d'Amsterdam, 19.
Dehaynin (Camille), faubourg Saint-Martin, 12.
Deny (Louis), constructeur, boulevard Richard-Lenoir, 59.
Desouches (Arthur-François-Constantin), constructeur de voitures, avenue des Champs-Élysées, 40.
Dietz-Monnin (Charles-Frédéric), directeur des ateliers de Beaucourt, associé de MM. Japy frères, rue du Château-d'Eau, 7.
Doumerc (Auguste-Camille-Jean), secrétaire général de la Compagnie des allumettes chimiques, rue de la Chaussée-d'Antin, 66.
Dufay (Auguste), rue Neuve-Saint-Méri, 12.
Durand (Eugène), rue de l'Arbre-Sec, 19, à Lyon (Rhône).
Du Sartel (Octave-Charles-Waldemar), rue Lafayette, 18.
Fauquet (Octave), à Oissel (Seine-Inférieure).
Ferron (Alexandre), rue des Gravilliers, 11.
Foucart (Charles), rue Baudin, 24.
Galland (Nicolas), O. ✻, à Nancy, château de Sauvey (Meurthe).
Gariel (Ernest), fabricant de ciment de Vassy, boulevard Haussmann, 85.
Garnier (Paul-Casimir), fabricant d'horlogerie, rue Taitbout, 16.
Géneste (Eugène), ✻ C. ✻ ✻, constructeur, rue du Chemin-Vert, 34.
Gérard (Gustave-Eugène), rue Condorcet, 70.
Gévelot (Jules), député de l'Orne, rue de Clichy, 10.
Giquel (Prosper) ✻, directeur de l'Arsenal, à Fou-Tcheou (Chine).
Giroud (Henri), fabricant de régulateurs, rue des Petits-Hôtels, 27.
Gondolo (Émile), horloger, boulevard du Palais, 5.
Gueldry (Victor-Henri), gérant des établissements de la Compagnie des forges d'Audincourt, rue Amelot, 64.
Hermann-Lachapelle (Jules), constructeur, faubourg Poissonnière, 144.
Huguin (Étienne-Jean), rue de la Tour, 60, à Passy.
Hurtu (Auguste), rue Saint-Maur, 54.
Jamin (Paul), maître de forges, à Eurville (Haute-Marne).
Jeantaud (Charles), carrossier, rue du Temple, 135.
Jourdain (Frédéric-Joseph), rue de Penthièvre, 7.
Jullien (Alexandre), rue Sainte-Hélène, 8, à Lyon (Rhône).
Laveissière (Jules-Joseph), ✻, rue de la Verrerie, 58.
Lebaudy (Jules), raffineur, rue de Flandre, 19.

MM. Le Cyre (Alfred), avenue Trudaine, 11.
Lemercier (le comte) (Anatole), O. ✱, président du Conseil d'administration de la Compagnie des chemins de fer des Charentes, rue de l'Université, 18.
Lemoine (Auguste), O. ✱ ✱, fondé de pouvoirs de la maison Cail, rue de la Pompe, 76.
Léon (Alexandre), armateur et maître de forges, cours du Chapeau-Rouge, 11, à Bordeaux (Gironde).
Lesseps (de) (Ferdinand), G. C. ✱ ✱ ✱, président de la Compagnie universelle du canal de Suez, rue Richepance, 9.
Lissignol (Théodore), chef du service industriel de la Société générale, rue Neuve-des-Petits-Champs, 77.
Luchaire (Léon-Henri-Victor), constructeur d'appareils pour phares, rue Érard, 27.
Martellière (de la) (Camille-Alfred), rue Béranger, 21.
Martin (Auguste-Maximilien), fabricant de verreries et d'émaux, avenue de Paris, 275, à Saint-Denis.
Menier (Émile-Justin), ✱, député, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, 37.
Michelet (Hippolyte), ✱ ✱ ✱, chef de bataillon du génie, au camp de la Valbonne (Ain).
Moyse (Maurice), C. ✱ ✱, secrétaire général de la compagnie des chemins de fer espagnols de Sarragosse à Pamplune et Barcelone, rue de Lisbonne, 2.
Neveu (Étienne), rue Saint-Denis, 227.
Nicaise (Charles), fabricant de boulons, à La Louvière (Belgique).
Oeschger (Louis-Gabriel), ✱, Md de métaux, rue Saint-Paul, 28.
Pellegrin (Louis-Antoine-Victor), ✱, rue de Vaugirard, 89.
Pelouze (Eugène-Philippe), ✱, membre du comité de la Compagnie parisienne du gaz, rue de La Borde, 34.
Penaud (Charles-Alphonse), rue Castellane, 14.
Pereire (Isaac), O. ✱ ✱, président du Conseil d'administration de la Société autrichienne impériale et royale, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Piat (Albert-Charles), fondeur-mécanicien, rue Saint-Maur, 49 et 98.
Pimentel (Joaquim-Goldino), rue du Roi, 16, à Anvers (Belgique).
Plichon (Édouard-Louis), fondeur en fer, rue du Chemin-Vert, 99.
Poirrier (Alcide-François), ✱, teinturier, rue Saint-Lazare, 23.
Renouard de Bussière (le baron Alfred), directeur de la Monnaie, quai Conti, 11.
Reverchon (Honoré), directeur des forges d'Audencourt (Doubs).
Robert de Beauchamp (Louis-Évariste), C. ✱, rue de Rovigo, 7.
Robin (Théodore), rue François Ier, 1.

MM. SIMON (Louis-Hyacinthe), ✱, maître de forges à Ars-sur-Moselle (Lorraine).
SOMMIER (Alfred), rue de Ponthieu, 57.
VIGUERIE (Ernest), avenue Joséphine, 81.
ZBYSZOWSKI (Ladislas), rue Saint-Dominique, 190.
ZELLER (Constant), à Ollwiller, par Soultz (haute Alsace).

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, rue d'Amsterdam, 3.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Londres, 8.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, rue Saint-Lazare, 88.

Secrétaire-Archiviste.

M. HUSQUIN DE RHÉVILLE ✱, cité Rougemont, 10.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JANVIER ET FÉVRIER 1876)

N° 33

Pendant ces deux mois, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Installation des membres du Bureau et du Comité. Discours de MM. Lavalley et Richard* (Séance du 7 janvier, page 62).

2° *Chemins de fer à voie étroite, de Lausanne à Echallens et de Turin à Rivoli*, par MM. Joyant et Dumont (Séances des 7 et 21 janvier pages 75 et 82).

3° *Colonne Vendôme* (*Reconstruction de la*), par M. Gaudry (Séance du 21 janvier, page 82).

4° *Voitures à deux étages, matériel de transport pour voyageurs* (*Analyse de l'ouvrage de M. Vidard*), par M. Marché (Séance du 21 janvier, page 88).

5° *Publications périodiques publiées à l'étranger* (*Traduction par extrait des*), *faites par la Société des ingénieurs civils de Londres* (Séance du 4 février, page 96).

6° *Chemin de fer* (*Exposé des motifs et projet de loi pour la construction aux frais de l'État de plusieurs lignes de chemin de fer en*

Autriche; documents adressés par M. Nordling et traduits par M. Goschler) (Séance du 4 février, page 96).

7° *Bois (Traitement des) dans leur emploi industriel*, par M. Arson (Séance du 4 février, page 98).

8° *Marque de fabrique en Allemagne et en Angleterre*, par M. Barrault (Séance du 4 février, page 100).

9° *Chemin de fer agricole*, par M. Morandière (Séance du 18 février, page 106).

10. *Minerais d'étain en Toscane*, par M. Caillaux (Séance du 18 février, page 106).

11° *Air comprimé pour la locomotion (Emploi de l')*, par M. Mékarski (Séance du 18 février, page 107).

12° *Raffinage des corps gras*, par M. Allaire (Séance du 18 février, page 115),

Pendant ces deux mois, la Société a reçu :

1° De M. Hervé Mangon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire de son *Traité de Génie rural, travaux, instruments et machines agricoles*.

2° De M. Gondolo (Émile), membre de la Société, un exemplaire de l'ouvrage de M. Francis Franck, *les Grandes industries à l'exposition internationale de* 1875.

3° De M. Sauvage, Président honoraire de la Chambre syndicale des entrepreneurs de maçonnerie, un exemplaire de son ouvrage sur le *Travail et l'industrie de la construction dans le passé, le présent et l'avenir*.

4° De M. Fourgerousse, un exemplaire de sa note sur une *Question de voirie, déclassement des routes départementales*.

5° De M. de Cossigny, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *Puits naturels des environs du Mans*, et un exemplaire d'une note sur les *Cordons littoraux, considérés dans leur rapport avec les oscillations du sol*.

6° De M. Thurston, membre de la Société, un exemplaire d'une note

intitulée : *On the necessity of a Mechanical Laboratory; its province and its Methods.*

7° De M. Schivre père, membre de la Société, une notice sur sa *Machine d'extraction à distribution de vapeur équilibrée*, suivie d'une note sur un *Nouveau système de poulie de belle fleur*.

8° De M. Duroy de Bruignac, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *Recherches sur la navigation aérienne.*

9° De M. Lockert, membre de la Société, un exemplaire de l'examen comparatif de trois projets sur la traversée du Pas-de-Calais : *Tunnel sous-marin*, par M. Michel Chevalier ; *Tube sous-marin*, par Carlo Angeluri, et *Passage à ciel ouvert*, par M. Vérard de Sainte-Anne.

10° De M. Vée, membre de la Société, un exemplaire du rapport de la Commission chargée d'étudier l'*Assainissement des Halles centrales.*

11° De M. Goschler, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Abstracts of Papers in Foreign transactions and periodicals.*

12° De M. Colladon, membre de la Société, un exemplaire d'une photographie représentant les divers types de *Compresseurs d'air employés aux travaux du Mont-Cenis et du Saint-Gothard.*

13° De M. Périssé, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Température des fours à Gaz.*

14° De M. Cotard, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *Chemin de fer central asiatique.*

15° De M. Cottrau, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure en italien sur l'*Industrie mécanique en Italie.*

16° De M. Tourneux des exemplaires du *Rapport du Conseil d'administration de la Compagnie des chemins de fer du Nord-Est.*

17° Du Directeur général des douanes, un exemplaire du *Tableau général des mouvements du cabotage, année* 1874.

18° De M. Loisel, ingénieur civil, un exemplaire de son *Annuaire spécial des chemins de fer belges.*

19° De M. Millar, ingénieur, un exemplaire d'une note intitulée : *On the Strength and Fracture of Cast Iron.*

20° De M. Bey, une note sur les *Ressorts de suspension des véhicules de chemin de fer.*

21° De M. Sergueeff, une note sur la *Fabrication de l'acide stéarique et du savon en Russie.*

22° De M. Bazaine (Achille), une note sur la *Nouvelle formule de jaugeage des cours d'eau, par MM. Gauguillet et Kutter.*

23° De M. Piquet (Alphonse), membre de la Société, un exemplaire d'une note intitulée : *Descripcion geognostica de las minas del Horcajo.*

24° De M. Delesse, ingénieur en chef des mines, un exemplaire de l'analyse de son ouvrage sur *le Fond des mers, Études lithologiques, par M. Delaire.*

25° De M. Spée, membre de la Société, un exemplaire d'un mémoire sur l'*Exploitation des chemins de fer américains par traction mécanique.*

26° De M. Goschler, membre de la Société, un exemplaire de l'ouvrage de M. Hieronymi Karoly sur l'*Organisation des ingénieurs de l'État en Hongrie*, et une collection de brochures et ouvrages divers.

27° De M. Couche, inspecteur général des mines, un exemplaire de son 2e *fascicule du tome III sur la voie, le matériel roulant et l'exploitation technique des chemins de fer.*

28° De la *Société des Ingénieurs autrichiens*, les numéros du troisième trimestre de 1874, de leur *Revue périodique.*

29° Du journal *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 1 de 1876.

30° Du journal *l'Economiste*, les numéros de janvier et février 1876.

31° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne,* le numéro du deuxième trimestre 1875 de son bulletin.

32° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros de janvier et février 1876.

33° De la *Revue d'architecture*, les numéros 9, 10, 11 et 12 de l'année 1875.

34° *Iron journal of science, metals et manufacture*, les numéros du quatrième trimestre de l'année 1875.

35° De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France*, le numéro de son Bulletin.

36° De la Revue *les Mondes*, les numéros de janvier et février 1876.

37° Du journal *The Engineer*, les numéros de janvier et février 1876.

38° De la *Société d'encouragement*, les numéros de janvier et février 1876 de son bulletin.

39° De la *Société de géographie*, les numéros de janvier et février 1876 de son bulletin.

40° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, les numéros de janvier, février et mars 1875 de son bulletin.

41° Des *Annales des chemins vicinaux*, les numéros de janvier et février 1876.

42° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

43° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros de janvier et février 1876.

44° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros de janvier et février 1876.

45° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros de janvier et février 1876.

46° Du journal *of the American Society of Civils Engineers*.

47° Des *Annales du Génie civil*, les numéros de janvier et février 1876.

48° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros de janvier et février 1876.

49° Du journal *el Provenir de la industria*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

50° De la *Société des Ingénieurs portugais*, les numéros du troisième trimestre 1875 de son bulletin.

51° Du journal *la Semaine financière*, les numéros de janvier et février 1876.

52° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1875.

53° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros de janvier et février 1876.

54° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

55° Du journal *la Houille*, les numéros du quatrième trimestre 1876.

56° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros de janvier et février 1876.

57° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du deuxième trimestre 1875 de son bulletin.

58° Du journal *Engineering*, les numéros de janvier et février 1876.

59° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1875.

60° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le troisième numéro de son bulletin de 1875.

61° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome XIX de la quatrième série de son bulletin.

62° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs *Minutes of Proceedings* de 1875.

63° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs *Transactions* pour l'année 1875.

64° Du *Comité des forges de France*, les numéros 107 à 108 du bulletin.

65° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros de juillet, août et septembre 1875 de son bulletin.

66° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 35 et 36 de son bulletin.

67° Des *Annales des mines*, les numéros des 5e et 6e livraisons de 1875.

68° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du troisième trimestre 1875.

69° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, le numéro du quatrième trimestre 1875.

70° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

71° *Sucrerie indigène* (*La*), par M. Tardieu, les numéros du quatrième trimestre 1875.

72° *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du deuxième trimestre 1875 de son bulletin.

73° *A Magyar Mérnök-Egyesület Közlonye*, les numéros du troisième trimestre 1875.

74° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du quatrième trimestre 1875.

75° De la *Société scientifique industrielle de Marseille*, du troisième numéro de 1875 de son bulletin.

76° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 11 et 12 de 1875 de son bulletin.

77° *Société des Arts d'Edimburgh*, le quatrième numéro de 1874 de son bulletin.

78° De l'*Encyclopédie d'architecture*, le numéro du quatrième trimestre de 1875.

79° *De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de janvier et février de son bulletin de l'année 1876.

80° *Institution of Mining Engineers americains*, les numéros de leurs *Transactions*.

81° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, les numéros du deuxième trimestre 1875 de son bulletin.

82° *Annales industrielles*, les numéros de janvier et février 1875.

83° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, son bulletin du troisième trimestre de 1875.

84° De la *Société industrielle de Rouen*, le numéro du troisième trimestre de l'année 1875 de son bulletin.

85° *De la Société de Physique*, les numéros de son bulletin du troisième trimestre de l'année 1875.

86° Du journal *le Courrier municipal*, les numéros de janvier et février 1876.

87° Du journal *le Moniteur des chemins de fer*, les numéros de janvier et février 1876.

88° De la *Gazette des Architectes*, les numéros de janvier et février 1876.

89° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de juillet et août 1874.

90° De la *Revue horticole*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

91° De la *Gazette du Village*, le numéro de janvier 1876.

92° Du *Moniteur industriel belge*, les numéros de janvier et de février de l'année 1876.

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois de janvier :

MM. Atkins, présenté par MM. Cornuauld, Jordan et Lavalley.
Breguet fils, présenté par MM. Armengaud jeune fils, Brüll et Lavalley.
Brivet, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Ronna.
Colle, présenté par MM. Contamin, Langlois et Molinos.
Douau, présenté par MM. Callon, Tresca et Vigreux.
Frézard, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Mallet, présenté par MM. Cornuault, Jordan et Launoy.
Marsau, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Manguin.
Niaudet, présenté par MM. Armengaud jeune fils, Brüll et Lavalley.
Nousse, présenté par MM. Barrault, Chabrier et Demimuid.
Suc, présenté par MM. Donnay, Frey fils et Lainé.
Verdié fils, présenté par MM. Bouissou, Bourgougnon et Forquenot.

Comme Membres associés :

MM. Du Sartel, présenté par MM. Callon, Loustau et Mesdach.
Hurtu, présenté par MM. Donnay, Frey fils et Lainé.

Au mois de février :

MM. Claparède fils, présenté par MM. Loustau, Périssé et Richard.
Delmas, présenté par MM. Muller, Périssé et Vée.

MM. Ghesquière, présenté par MM. Loustau, Mesdach et Oeschger.
Gobert, présenté par MM. Charton, Pereire (Henry) et Tronquoy.
Gonzalez, présenté par MM. Barnoya, Marco Martinez et Mathieu.
Jubert, présenté par MM. Marché, Périssé et Ponsard.
Mantégazza, présenté par MM. Birlé, Gondolo et Orsatti.
Pareto, présenté par MM. Périssé, Ponsard et Ronna.
Plocq, présenté par MM. Mathias (Félix), Mirecki et Thouin.
Puig-y-Llagostera, présenté par MM. Barnoya, Marco Martinez et Mathieu.
Salomon, présenté par MM. Alcan, Bourdais et Duméry.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

1ER BULLETIN DE L'ANNÉE 1876

Séance du 7 Janvier 1876.

Présidence de M. L. Richard.

M. A. Lavalley prononce le discours suivant :

Messieurs et chers Confrères,

Vous avez décidé que le buste de M. Flachat serait placé dans la salle de vos réunions. Vous avez voulu aussi laisser à ses nombreux amis la triste consolation d'élever ce monument à sa mémoire. La souscription ouverte a atteint promptement le chiffre qui permit de demander à différents artistes de concourir pour l'exécution.

Il n'existait malheureusement aucun buste de notre regretté président. Les sculpteurs n'eurent pour les guider que des portraits, des photographies, et les indications de parents, d'amis. Plusieurs artistes essayèrent de reproduire en relief les traits du dessin. M. Dumilâtre seul réussit à donner une ressemblance qui décida la Commission à faire exécuter le buste en marbre que vous avez sous les yeux.

En rendant cet hommage à la mémoire de M. Flachat, vous avez voulu faire sans cesse présent à vos instructives discussions le souvenir du plus illustre des fondateurs de cette Société, de celui qui fut son premier président et que sept fois vous avez appelé à diriger vos travaux. A chacun de nous, Messieurs et chers Confrères, ce buste rappellera l'homme qui fut le type de l'ingénieur ; à ceux que vous appellerez à ce fauteuil, il rappellera le modèle des présidents.

Les rangs s'éclaircissent rapidement, Messieurs, des hommes qui prirent part des premiers au merveilleux mouvement industriel et économique du

dernier demi-siècle, et dont cette Société a compté un grand nombre. Plusieurs, et des plus éminents, se trouvent sur la triste liste des pertes que nous avons faites en 1875. Dix-sept de nos sociétaires sont morts cette année.

M. Caillet était sorti en 1838 de l'École des Arts et Métiers d'Angers. Après avoir été attaché pendant quatre ans en qualité de mécanicien au chemin de fer de Paris à Saint-Germain, de Montpellier à Cette, de Paris à Versailles, rive gauche, il fut, en 1844, ingénieur des ateliers et de la traction du chemin de Strasbourg à Bâle, puis attaché à la traction du chemin de fer d'Orléans et du Centre. C'est alors que MM. Parent et Schaken le chargèrent de diriger l'exploitation du chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne et à Roanne, et aussi leurs ateliers d'Oullins. Devenu un des associés de ces grands industriels, il conduisit l'entreprise d'entretien du chemin de fer Nicolas de Saint-Pétersbourg à Moscou; enfin, il prit une part importante dans la création et la direction des ateliers de Fives-Lille.

M. Charles Calrow, mécanicien aussi, était membre de la Société depuis 1862. C'était un des associés de la maison Martin aîné et Calrow.

Vous avez tous lu dans nos bulletins l'intéressante notice de M. Gaudry sur François Cavé, cet éminent ingénieur qui, né au moment où Watt venait d'amener la machine à vapeur à un degré si remarquable de perfection, sut lui donner de nouvelles formes et la rendre plus compacte et plus économique. M. Cavé était entré dans notre Société en 1849.

M. Henri *Corbin* était élève de l'École centrale. Il s'est occupé surtout de *la création et de* l'administration de fabriques de sucre et de betteraves.

M. Crocé-Spinelli avait été pendant plusieurs années membre de notre Société. Il allait y rentrer quand il trouva la mort dans l'audacieuse ascension du *Zénith*.

M. Deseilligny, membre associé depuis 1872, s'initia, sous la direction de M. Schneider, à la grande industrie. D'abord collaborateur actif de la direction du Creuzot, il participa particulièrement à la création de la nouvelle forge et des ateliers qui ont constitué un des plus beaux établissements métallurgiques actuellement existants. Il contribua activement à la création de ce marché extérieur où nos grandes usines, aidées de l'influence des ingénieurs français à l'étranger, ont trouvé d'importants débouchés.

Enfin, M. Deseilligny faisait partie du groupe de capitalistes et d'ingénieurs qui acquit, en 1868, les houillères et fonderies de l'Aveyron. Il se consacra dès lors comme administrateur délégué au relèvement de cet établissement.

Nous ne devons pas oublier qu'en 1873, ministre des travaux publics, il mit aux enquêtes le projet du tunnel sous-marin qui doit réunir l'Angleterre au continent.

M. Farcot père était un des derniers représentants de ces ingénieurs principalement formés à l'école de la pratique, ou qui, du moins, ont commencé à acquérir l'instruction pratique avant de rechercher la connaissance raisonnée des phénomènes physiques des lois de la mécanique.

Élève des ateliers d'Achille Colas et de Jecker, il fut chef d'atelier successivement chez MM. Perrier, Edwards Scipion et Cie, à Chaillot, puis de M. Christian, à Argenteuil. Ce fut en 1823 qu'il fonda, rue Neuve-Sainte-Geneviève, son premier établissement, où il s'occupa surtout de la construction des presses hydrauliques. Le besoin d'agrandissement, puis l'expropriation par le chemin de fer de Lyon, lui firent porter ses ateliers rue Moreau, ensuite à Saint-Ouen. Est-il besoin de rappeler les perfectionnements qu'il apporta aux machines à vapeur, tant pour l'application de meilleurs organes de détente, de régulateurs plus sensibles et plus rationnels, que pour l'emploi des enveloppes des cylindres et une disposition mieux entendue des chaudières. Il eut le premier prix fondé par la Société d'encouragement pour la machine à vapeur la plus économique.

De ses ateliers, et plus spécialement sous la direction de son fils Joseph, également notre collègue, est sorti le servo-moteur qui est destiné sans doute à marquer une époque importante aussi dans l'utilisation des moyens mécaniques.

M. Albert Grand était sorti de l'École centrale en 1864, et faisait partie de notre Société depuis 1867. Enlevé tout jeune, il n'a fourni qu'une courte carrière toute fournie de travaux excellents qui ont fait profondément regretter sa mort prématurée.

M. Homburger était élève de l'École polytechnique de Carlsruhe; il était membre de notre Société depuis 1867.

M. Ferdinand Lacombe s'est surtout occupé des chemins de fer. Ingénieur chef du matériel du chemin de fer de Lyon à Genève, il fut ensuite ingénieur en chef du matériel et de l'exploitation des chemins de fer des Ardennes. Il faisait partie de notre Société depuis 1858.

M. Mazeline était né au Havre en 1802. Ce fut dans l'atelier de serrurerie de son père qu'il acquit les premières notions du travail des métaux en même temps qu'il consacrait ses heures de liberté à l'étude des sciences.

M. Mazeline était encore bien jeune qu'il avait acquis une réputation universelle par ses perfectionnements aux machines marines, par l'excellente exécution des appareils qu'il livra en si grand nombre à la marine militaire française. Les plus rapides avisos, les meilleurs marcheurs de notre flotte portent encore maintenant des machines de M. Mazeline.

Quand on parcourt ses ateliers on est frappé de l'heureuse disposition, de la solidité des machines-outils dont il les avait munis.

M. Nillis était sorti de l'École centrale en 1864. Membre de la Société depuis 1869, il était chef de section du chemin de fer de l'Est.

M. Émile Pereire fut un des concessionnaires du chemin de fer de Paris à Saint-Germain.

Depuis lors il ne cessa d'occuper une place au premier rang dans l'industrie des chemins de fer, tant en France qu'à l'étranger, en Autriche, en Russie, en Espagne.

Il créa aussi une des deux compagnies françaises de paquebots à vapeur

qui rivalisent heureusement avec les grandes entreprises anglaises, américaines et autres.

M. Petitgand était un de nos anciens et distingués collègues. Ingénieur civil des mines, il avait exploré, dans des vues scientifiques, non-seulement tous les pays de l'Europe, mais aussi une partie de l'Asie et de l'Afrique. La sûreté de son jugement, la sagesse de ses conseils étaient hautement appréciés par tous ceux qui lui confiaient leurs intérêts.

M. Paul Séguin était membre de notre Société depuis sa fondation. Est-il besoin de rappeler qu'un Séguin fit la première machine locomobile tubulaire, que l'industrie si utile des ponts suspendus porta pendant longtemps ce nom si connu? M. Paul Séguin fut, pendant plusieurs années, membre du Comité. Il déclina toujours la candidature de la présidence.

Il a laissé, comme vous savez, à notre Société un legs de 5000 francs.

Le nom de Schneider, n'est-ce pas comme un autre nom du Creusot?

Ce fut, en effet, sous la direction de M. Eugène Schneider et celle de son frère, mort il y a plus de 30 ans, que le Creusot prit son premier développement. M. Eugène Schneider, resté seul, sut bientôt faire du Creusot un des premiers établissements métallurgiques de France, et l'on peut dire du monde.

M. Jules Thévenet était élève de l'École centrale. Membre de la Société depuis sa fondation, Thévenet s'occupa d'abord de métallurgie.

Les travaux de sa profession lui avaient fait parcourir toute l'Europe, une partie de l'Amérique et de l'Afrique. Aimant toutes les sciences naturelles, il s'était livré à de sérieuses études entomologiques, et avait fait de nombreuses collections dans tous ses voyages. Attaché pendant quelques années à l'approvisionnement des chantiers du canal de Suez, il avait fait de nombreux voyages d'exploitation en Égypte, en Syrie, en Asie Mineure. Thévenet, aussi modeste que dévoué, était aimé et apprécié de tous ceux qui l'approchaient.

M. Léon Valdelièvre était élève de l'École de Châlons, puis de l'École centrale. Il avait un atelier de construction de machines à Saint-Pierre-les-Calais. Il était membre de notre Société depuis 1871.

Les travaux de cette année ont porté, comme d'habitude, sur la plupart des branches du génie civil.

MM. Banderali, Chabrier et de Cœne vous ont entretenus des dispositions généralement adoptées maintenant en Angleterre pour améliorer l'exploitation des chemins de fer à tous les points de vue, tant à celui des voyageurs qu'à celui des marchandises.

M. Mallet vous a décrit du matériel qu'on a construit pour l'exploitation des chemins de fer de montagne à rampes très-fortes.

La métallurgie a occupé plusieurs séances.

M. Gautier vous a parlé d'un nouveau procédé de déphosphoration des minerais de fer employé en Bohême. Il vous a aussi entretenus de l'emploi de l'acier dans les constructions.

M. Boistel a fait, au sujet des fours Siemens, une communication à la suite de laquelle une discussion eut lieu sur les avantages, les inconvénients que peuvent présenter les différentes dispositions données aux fours à gaz.

Il vous a été fait une description du four Crampton, dans lequel le charbon est consommé en poudre impalpable introduite dans le courant d'air qu'on y insuffle.

M. Brüll a entretenu la Société des diverses substances explosives qu'on a cherché à employer dans les travaux publics, et notamment de la nitroglycérine et de la dynamite.

Plusieurs de nos collègues ont appelé votre attention sur diverses questions relatives à la construction des ponts en métal.

M. Dallot a fait une analyse du rapport de M. Malézieux sur les constructions métalliques aux États-Unis d'Amérique.

M. de Dion vous a exposé une méthode de calcul de la déformation d'un pont en fer suivant la répartition de la charge qu'il porte, et le plus ou moins de rigidité des parties qui le composent.

M. Badois a signalé quelques-unes des précautions à prendre dans la mise en place des arcs en fonte.

M. Bonnin a présenté un mémoire sur la reconstruction du pont d'Andé sur la Seine.

Parmi les questions qui touchent à la mécanique, une solution géométriquement exacte du problème de la transformation d'un mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire alternatif a été trouvée par M. Peaucellier.

M. Lemoine vous a décrit l'organe de transmission basé sur cette solution et d'autres procédés pratiques qu'on peut en tirer.

Il est des cas où l'on ne peut recourir pour la traction sur rails à des locomotives ordinaires, c'est-à-dire brûlant un combustible quelconque. L'emploi de l'air comprimé, emmagasiné dans le réservoir qui remplacerait alors la chaudière, a été essayé. M. Ribourt vous a décrit la locomotive à air comprimé employée au tunnel du Saint-Gothard. De son côté, M. Lencauchez vous a parlé de nouvelles dispositions de pompes pour comprimer l'air à de hautes pressions.

M. Ribourt vous a, à plusieurs reprises, tenus au courant des progrès des travaux du Saint-Gothard.

Un résumé vous a été présenté du résultat acquis à ce jour, des études qui se poursuivent sur les terrains à travers lesquels on projette de creuser un tunnel entre l'Angleterre et le continent.

Sur la navigation dans l'air, M. Duroy de Bruignac vous a présenté des considérations théoriques.

M. Gillot vous a entretenus d'une théorie de la chaleur et de l'électricité.

Nous devons à M. Arson d'utiles renseignements sur les principales constructions que comprennent les usines à gaz.

M. Clémandot nous a montré quelques échantillons de verre, dit incassable, et M. Armengaud jeune fils nous a donné des indications sur la mé-

thode employée pour donner au verre la trempe qui lui communique une solidité relative, semblable à celle des « larmes bataviques. »

Comme vous le voyez, les travaux de la Société acquièrent tous les ans plus d'importance à mesure que le nombre de ses membres augmente.

L'année 1873 commençait avec 1038 membres ; 1874 avec 1113 ; 1875 avec 1191 ; enfin l'année 1876, avec 1263.

L'augmentation annuelle semble être régulière et comprise entre 72 et 78 membres.

L'accroissement du nombre des sociétaires amène l'accroissement des recettes.

Déjà cette année, les recettes courantes ont dépassé très-notablement les dépenses, et cet excédant, qui croîtra rapidement, permettra non-seulement d'assurer le remboursement de l'emprunt contracté pour parfaire l'acquisition de cet immeuble, mais aussi d'affecter des sommes importantes à de très-utiles objets.

Déjà, pour cette année, votre Comité vient de décider une amélioration notable de la typographie et du papier employé pour l'impression des procès-verbaux et des bulletins. Ces publications n'étaient plus dignes de la Société ni des travaux qu'elles contiennent.

Vous recevrez prochainement une table des matières contenues dans les bulletins depuis la fondation de la Société. Ce répertoire si nécessaire pour faciliter les recherches sera d'année en année tenu au courant.

Un des premiers emplois que vous ferez de votre excédant de recettes sera sans doute l'augmentation du nombre et du montant des prix accordés aux travaux les plus remarquables qui vous seront présentés. L'augmentation des sommes allouées est nécessaire; non pas qu'elle puisse ajouter à la valeur de la distinction que votre choix confère, mais la production d'un mémoire de quelque importance demande, nous le savons tous, non-seulement un travail souvent considérable, des recherches souvent longues, mais aussi des frais de copie, de dessin, bien souvent aussi des voyages et des études sur place.

N'est-il pas juste et convenable que ces dépenses matérielles faites pour une œuvre classée parmi les meilleures, les plus utiles à tous, ne restent pas à la charge de l'auteur.

Vous avez fait à vos statuts deux modifications : par l'une, vous avez augmenté le nombre des membres de votre Comité, en décidant qu'il comprendrait, en outre des 30 membres annuellement élus, tous vos anciens présidents ; l'autre modification a eu pour but d'éviter une infraction, que le petit nombre de membres présents à Paris pendant quelques mois d'été imposait chaque année, à l'article 16 portant que les sociétaires se réunissent régulièrement deux fois par mois.

A propos de vos statuts et de votre règlement, permettez-moi d'appeler votre attention sur un point qui a paru à plusieurs de vos anciens présidents demander une réforme. Je ne sais si aucun de mes prédécesseurs a quitté ce fauteuil sans éprouver comme moi le pénible sentiment de n'avoir pas

rendu tous les services qu'il aurait voulu, sans rechercher si quelque obstacle résultant de la règle ou de l'usage n'est pas venu augmenter la difficulté de la tâche; en voici un sur lequel plusieurs sont, je crois, d'accord : Votre président est nommé à la fin de l'année et occupe de suite le fauteuil. Le plus souvent neuf dans ces fonctions, il est pendant quelque temps embarrassé, incertain sur le sens et les limites dans lesquels il peut chercher à diriger, à provoquer les travaux de ses confrères dont, de plus, il ne connaît qu'un petit nombre. Quand il est devenu plus sûr de son terrain, l'été arrive, amenant la diminution des membres présents aux séances, puis l'interruption de ces séances. Au moment de la rentrée, de la reprise des affaires et de l'activité générale, le président est bien près de voir cesser ses fonctions.

Quelques-uns trouvent le remède dans une prolongation de la durée présidentielle, et pensent qu'elle devrait être portée à deux ans.

Il me semble que, sans prendre une mesure aussi radicale, on pourrait se contenter de changer l'époque d'entrée en fonctions du Comité, du bureau, du Président et de décider, par exemple, que les élections auraient lieu à l'assemblée du mois de juin et que les nouveaux élus entreraient en fonctions à la rentrée qui se ferait après les vacances que vous venez de décider.

Dans ces conditions, le Président nommé quelques mois à l'avance pourrait se préparer, se mettre au courant des diverses questions et il aurait devant lui ininterrompue toute la durée de sa présidence.

Je ne sais si vous penserez qu'un changement dans ce détail de votre organisation est désirable ; mais je vous prie surtout de ne pas croire que je m'exagère l'action que le Président peut avoir sur la marche de la Société. La valeur de ses travaux ne dépend que du contingent que chacun de vous y apporte.

Avant de céder ce fauteuil à notre excellent collègue, je veux vous remercier de nouveau de l'honneur que vous m'avez fait en m'y appelant. Je veux aussi vous dire combien j'ai été touché du cordial accueil que j'ai reçu de chacun de vous, et surtout qu'on ne saurait trop admirer et aimer l'esprit de tolérance pour les idées, la bonne foi, la courtoisie dans les discussions, le respect des uns pour les autres, qui règnent toujours dans cette Société.

C'est cet esprit qui a présidé à sa création et qui a amené le développement incessant dont nous sommes tous les jours témoins.

M. Richard, en prenant place au fauteuil, prononce le discours suivant :

Messieurs et chers Collègues,

En prenant place à ce fauteuil, il m'est particulièrement agréable de me faire l'organe des regrets qui vont accompagner l'éminent ingénieur auquel je succède, et de lui exprimer la reconnaissance de tous, pour les soins qu'il a donnés à la direction de vos travaux, et pour la part qu'il y a prise lui-même. Vous avez pu apprécier ses qualités et son affabilité ; son éloge serait au besoin dans toutes les bouches, et le nom de M. Lavalley, attaché à l'his-

toire des plus grands travaux du siècle, restera dans nos affectueux souvenirs.

Après avoir rendu à notre Président un hommage que je ne puis faire ici qu'imparfait, ma première pensée, comme aussi mon premier devoir, est de vous remercier, Messieurs, du fond du cœur, de l'honneur que vous m'avez décerné, en m'appelant par vos suffrages, que je puis dire unanimes, à présider vos séances pour l'année 1876.

Je ne pouvais rêver aucune consécration plus brillante et plus enviable à ma carrière d'ingénieur, et vous m'avez largement récompensé d'avoir suivi avec persévérance les étapes du travailleur, depuis le grade de conducteur, que j'ai pris à ma sortie de l'École Centrale, à l'organisation de la ligne de Paris à Strasbourg, jusqu'à celui d'ingénieur en chef de la Compagnie des Charentes, que j'occupe actuellement.

Vous avez peut-être aussi voulu, Messieurs, me récompenser, étant un de vos anciens (car je date de la fondation de la Société en 1848), d'avoir toujours été un de vos fidèles. Quels que soient vos mobiles, je les trouve plus dans votre bienveillance que dans mes mérites ; et sans elle, j'aurais pu rester dans la sphère modeste de ceux qui se contentent de vous écouter, de prendre de bonnes leçons au milieu de vous; vous ne l'avez pas voulu, votre indulgence est venue me chercher pour me placer au niveau des maîtres ; je ne sais rien de plus flatteur pour un ingénieur qui n'a jamais eu de plus grande ambition que de se faire estimer et aimer de ses pairs.

Je vous remercie donc, Messieurs, avec effusion, et je redirai avec un de nos anciens Présidents, M. Faure, qui fut aussi un de nos excellents amis, je répéterai ce qu'il disait en 1859 avec un suprême bonheur, dans son discours d'installation, dont chaque mot était dicté par le cœur : *Je mourrai ingénieur, après avoir été Président de la Société des Ingénieurs Civils.* Il a eu cette grande joie, et nous, hélas ! nous avons eu cette grande douleur de le perdre.

Faure avait raison, Messieurs, de dire en termes si expressifs le sentiment qui lui faisait éprouver l'honneur qu'il a reçu de vous.

C'est qu'en effet, quand on regarde aux hommes que vous avez choisis jusqu'à ce jour, pour les mettre à votre tête, et aux choses que vous avez produites, on se sent pris d'un légitime orgueil, et en même temps, je le dirai, en ce qui me concerne, d'une certaine frayeur; on est heureux et l'on tremble en même temps de se voir l'héritier d'une si noble succession.

Pour bien expliquer ce sentiment et en établir la vérité, il n'est besoin, Messieurs, que de rappeler des noms et des faits. Cet usage académique ne sera pas déplacé à la Société des Ingénieurs civils; sa mise en pratique évoquera des souvenirs qui seront à la fois des tributs de reconnaissance dont personne ne se plaindra ici, et des encouragements pour tous. J'ajouterai que je donnerai ainsi une satisfaction à quelques-uns de nos collègues, qui se plaignaient dernièrement que la Société des Ingénieurs civils vivait trop obscure et n'était pas connue même en France. Divulguer notre histoire n'est pas chose embarrassante ; elle est toute glorieuse, et je vous assure que,

s'il faut parler bien haut pour la faire connaître comme elle le mérite, ma voix se fera légion.

Depuis 1848 jusqu'à ce jour vous avez eu, Messieurs, vingt présidents, et leurs noms forment comme une couronne d'étoiles brillantes au front de la Société.

Qui ne s'inclinerait avec respect et affectueuse admiration devant *Flachat*, le créateur en France de notre profession, le maître accepté comme tel par tous les Ingénieurs Français et étrangers, universel par la réputation comme il l'était par le talent? Qui pourrait citer sans orgueil ses successeurs?

Perdonnet, l'auteur d'ouvrages qui ont été nos guides, et dont beaucoup de nous sont les élèves reconnaissants.

Pétiet, qui nous a illustrés, en s'illustrant lui-même dans les plus hautes fonctions de la construction et de l'exploitation des chemins de fer.

Vuigner, le soldat devenu général, l'ancien ingénieur en chef de la Compagnie de l'Est, à qui nous devons notre existence, comme société d'utilité publique.

Polonceau, dont les travaux impérissables ont consacré le nom parmi les plus brillants de la pléiade des Ingénieurs de chemins de fer.

Callon, l'un des fondateurs de notre Société, que nous sommes heureux de voir parmi nous, pour y personnifier avec l'autorité du savant les travaux industriels.

Yvon-Villarceau et Tresca, qui nous représentent à l'Institut, dans tout l'éclat de la grande science.

Vous rappellerai-je encore *Mony*, digne membre d'une famille d'ingénieurs?

Faure, dont le savoir égalait la modestie, auquel il n'a manqué que le temps pour se classer parmi les plus renommés dans la science de la mécanique.

Le général Morin, qui, à la tête du Conservatoire des Arts et Métiers, a pris pour devise : *cedant arma togæ*, que les armes cèdent le pas à la toge du savant.

Nozo, qui a voulu que son nom restât parmi nous, comme celui d'un ami et d'un bienfaiteur de la Société, et dont le mérite s'est si utilement signalé dans l'installation des ateliers du chemin de fer du Nord.

Alcan, le docteur autorisé de l'industrie textile, qui fut aussi l'un des fondateurs de notre Société.

Love, dont les travaux sur la résistance des matériaux sont universellement connus, et qui a apporté aux chemins de fer le concours de sa belle intelligence.

Salvetat, qui personnifie parmi nous la céramique dont il dirige la branche industrielle à la manufacture nationale de Sèvres, et qu'il enseigne à l'École centrale.

Vuillemin, l'habile ingénieur du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Est, auquel nous devons un ouvrage remarquable, couronné par la Société.

Enfin, vous parlerai-je des plus jeunes :

E. Muller, que je ne puis louer comme il le mérite, sans être taxé de partiale amitié, mais que vous connaissez tous comme le travailleur infatigable, comme le grand industriel, comme le professeur aimé.

Molinos, dont je n'ai pas besoin de vous rappeler l'esprit ingénieux et lucide, ni les travaux souvent remarqués par vous.

Jordan, le métallurgiste pour lequel les entrailles de la terre n'ont pas de secrets.

Enfin *Lavalley*, l'ingénieur que rien n'arrête, ni les sables du désert, ni les roches du fond de la mer.

J'estime, Messieurs, qu'on peut être fier de se trouver en pareille compagnie, et vous ne m'en voudrez pas d'avoir fait revivre un instant devant vous l'histoire de votre Société.

Et si des hommes nous passons aux faits, nous verrons que vos travaux vous créent des titres à l'estime publique, dignes d'être célébrés par tous les amis du progrès scientifique, car vous avez été les pionniers de la grande industrie dans toutes les branches de l'activité humaine. A vous ou à vos conseils sont dues la plupart des merveilles qui ont fait l'admiration du monde entier à cette magnifique Exposition de 1867.

Dans vos séances, vous avez abordé la discussion de toutes les grandes questions ; votre bulletin retient la trace de votre fécondité, il est devenu une encyclopédie recherchée de tous les ingénieurs ; je ne sache pas qu'il existe une histoire plus complète des chemins de fer et des grands travaux publics, un recueil plus instructif de tous les travaux de la métallurgie, des arts chimiques, de l'application des sciences à l'industrie.

Aussi, Messieurs, rappelez-vous que noblesse oblige, et permettez-moi de vous prier de continuer à enrichir tous les jours notre précieux recueil.

J'appellerai tout naturellement votre attention, par attrait professionnel, sans être cependant exclusif, sur cette grande industrie des chemins de fer. Je puis dire, sans forfanterie, qu'elle est bien votre domaine, car vous avez été des premiers à l'œuvre, et tous les détails des installations de machines, de matériel fixe et roulant, d'ateliers, sortis de vos études, sont chaque jour encore perfectionnés par vous.

Dans nos futures discussions sur cette industrie, il n'est pas probable, sauf quelques cas particuliers, que les questions de construction proprement dite nous fournissent des sujets nouveaux de communication ; nous avons pu en trouver, et nous en trouverons encore dans la comparaison des grands ouvrages faits à l'étranger mis en présence de ceux exécutés en France ; il résultera souvent de cet examen que nous devons allier plus de hardiesse aux combinaisons certaines du calcul, que les ingénieurs français manient avec tant de savoir et qui seules peuvent assurer l'emploi judicieux et économique des matériaux. Il y a là un progrès certain à introduire en France, dans les grands travaux publics, et je vous convierai à l'étudier.

La conception bien entendue d'un projet, tant dans son ensemble que dans les combinaisons techniques et économiques propres à en assurer le succès,



est maintenant l'œuvre principale de l'ingénieur bien plus que l'étude des détails pour lesquels il trouvera presque toujours sous sa main des types éprouvés, et des exécutants capables.

C'est avec cette conviction, que les systèmes et les principes généraux doivent prendre le pas sur les détails, qu'en ce qui concerne les chemins de fer, je vous demanderai la permission d'insister un instant avec vous sur un des côtés de la question très-controversé aujourd'hui et très-important pour le complément de nos voies ferrées; je veux parler de la largeur de la voie à adopter suivant les besoins à desservir.

Dès le principe de la discussion sur les chemins de fer d'intérêt local dans cette Société, je me suis déclaré partisan de la voie large. Mon opinion s'est confirmée par l'étude, et sans avoir la prétention, injustifiable d'ailleurs, de la faire triompher comme applicable dans tous les cas et d'une manière absolue, je reste convaincu que son adoption conduira aux solutions les plus pratiques et les plus avantageuses pour l'exploitation des chemins de fer qui doivent aboutir à nos grandes voies.

Est-ce à dire qu'en toute circonstance je veuille proscrire la voie étroite? Je ne vais pas jusque-là; il en sera fait souvent des applications utiles, et de très-bons esprits ont démontré dans cette Société qu'il y avait à en tirer grand parti; mais j'estime qu'il faut la proscrire à l'état de système tendant à l'introduire dans le réseau général des chemins de fer de France pour la plupart des lignes aboutissant à nos grandes voies, et qu'à moins de difficultés spéciales d'exécution et d'insuffisance absolue de ressources, auquel cas il vaut mieux faire un petit chemin de fer que de ne pas en faire du tout, il y aura lieu, non pas de réduire la largeur de la voie, mais de réduire le poids des rails, des machines et du matériel roulant.

Cette opinion qui, comme vous le voyez, n'est pas exclusive, est partagée par beaucoup de nos collègues habiles dans les chemins de fer; elle vient d'être soutenue également par deux ingénieurs de l'État, MM. Varroy et Krantz, avec beaucoup d'autorité, dans des mémoires remarquables que je vous recommande particulièrement.

Il s'agissait de répondre à des affirmations trop élogieuses en faveur de la voie étroite, tombées du haut de la tribune de l'Assemblée nationale, et qui semblaient vouer à la voie étroite toutes les lignes qui ne devaient pas faire partie du domaine des grandes compagnies. M. Krantz a combattu cette tendance, et me paraît l'avoir fait d'une manière victorieuse.

En vue des différentes solutions qui pourront se produire pour les chemins de fer d'intérêt local, les questions de construction des machines et du matériel roulant propres à l'exploitation des chemins de fer de faible revenu seront dignes d'occuper bien utilement vos instants. En ce qui concerne la construction des voitures à voyageurs et des wagons à marchandises, la préférence semble être donnée aujourd'hui au fer sur le bois. La solution économique est-elle trouvée dans cette préférence? Je serais tenté de croire le contraire. — L'entretien du matériel peut y gagner dans une certaine mesure, mais je crois que l'exploitation y perd par l'obligation de

traîner un poids mort considérable. Il me semblerait préférable de donner aux voyageurs, mais surtout à la marchandise, des wagons de tare plus légère et de capacité plus grande pour un même poids total à traîner. Il en résulterait, selon moi, des bénéfices sérieux pour l'exploitation et même pour la construction; car, pour un trafic donné, il faudrait moins de wagons, moins de voies de garage et des gares moins spacieuses. La question, que je ne fais que poser, mérite d'être étudiée par les ingénieurs de matériel expérimentés que nous comptons parmi nous.

Il sera aussi très-intéressant de porter votre attention sur les systèmes d'exploitation applicables aux lignes de différent ordre, et sur les détails de ces systèmes. Vous avez entendu déjà plusieurs de vos collègues, MM. Courras, de Cœne, Banderali, vous faire d'excellentes communications sur les dispositions et les procédés économiques d'exploitation des gares de voyageurs et de marchandises adoptées en Angleterre. Les résultats prouvés sont la plus grande commodité pour les voyageurs, la plus grande rapidité d'expédition pour les marchandises, et la diminution des dépenses de premier établissement. Il y a là toute une série d'études, en y ajoutant celles qui concernent les signaux, les manœuvres des trains, la rapidité de la marche des trains trop négligée encore en France, toute une série d'études qui s'imposent aux ingénieurs de toutes les compagnies, petites ou grandes, à une époque où la concurrence légitime et toute favorable au public oblige chacune à recourir aux procédés les plus perfectionnés et en même temps les plus économiques. Les grandes Compagnies entrent dans cette voie, leur puissance va leur servir à regagner vite le temps perdu, et leur autorité en assurera le succès.

Vous aurez aussi, Messieurs, à vous occuper de la traction à l'air comprimé. Je ne puis que vous indiquer ici le sujet, mais je sais qu'il vous sera fait des communications sur un système de traction qui devient une question d'actualité pour les tramways dans les grandes villes, et surtout pour le percement et l'exploitation des longs tunnels. Je crois qu'il sera digne de la Société des Ingénieurs civils d'apporter son opinion dans le débat.

Je viens, Messieurs, de vous indiquer quelques sujets, pris dans l'industrie des chemins de fer, qui m'ont paru mériter vos soins; mais ne croyez pas que je veuille restreindre vos discussions dans ce cercle limité. Je dois bon accueil à tous les travaux que vous présenterez, et je ne faillirai pas à ce devoir. Pour le bien remplir, je me propose de reprendre un avis émis par mon honorable prédécesseur, et de demander à mes collègues du Comité de m'aider à dresser un programme des questions sur lesquelles votre examen pourrait être avantageusement dirigé. Cette méthode, en usage à la Société des Ingénieurs civils anglais, pourra fixer le champ de vos recherches et faciliter un choix souvent embarrassant à faire.

Entre autres, je vous convierai à vous occuper des questions de navigation qui embrassent tant de sujets de haut intérêt, les canaux, les ports de commerce dont la France est si pauvre, la construction des docks, les engins de chargement, et tout ce qui tient à cette grande industrie des trans-

porta par voie d'eau. Notre collègue M. Molinos vous a donné l'exemple en produisant une étude complète sur l'état actuel de la navigation en France; le cri d'alarme, malheureusement si justifié, qu'il a poussé, appelle de prompts remèdes. On ne saurait voir sans douleur se perpétuer une situation qui compromet si gravement les intérêts commerciaux de notre pays, en laissant improductives les ressources naturelles. C'est bien le cas, quand on voit la Loire et le Rhône, puissants seulement aux désastres, et tant d'autres fleuves ou rivières inutilisés, de se rappeler qu'un ingénieur a dit: Les rivières ont été faites pour servir à créer les canaux, irriguer les vallées, et faire marcher des moteurs hydrauliques. Il ne faut rien moins que des intérêts rivaux bien puissants pour empêcher l'application de cette vérité et l'exécution des travaux si nécessaires à l'utilisation de notre régime hydraulique. M. Thomé de Gamond l'a demandé depuis bien longtemps dans un mémoire resté célèbre. Aussi j'ai confiance que le temps n'est pas loin où les obstacles seront abaissés, et où l'on verra en France la navigation se développer prospère à côté des chemins de fer prospères eux-mêmes. Il vous appartient d'apporter votre concours à une œuvre si désirable. J'y ferai, pour ma part, tous mes efforts; vous savez qu'en moi l'ingénieur de chemin de fer est doublé de l'ingénieur de navigation; non pas que j'aie jamais construit de canaux, mais j'ai beaucoup étudié la question; je vous ai déjà entretenus d'une étude que j'ai faite avec M. Aristide Dumont, ingénieur en chef des ponts et chaussées, d'un canal de navigation maritime de Dieppe à Paris; la réalisation de cette étude, qui a occupé bien des esprits, n'est probablement pas proche, mais je crois encore qu'après avoir donné une première satisfaction absolument nécessaire dès maintenant, en exécutant le projet que M. Krantz a proposé pour l'amélioration du tirant d'eau normal de la Seine, un temps viendra où cette amélioration ne sera plus suffisante, et où il faudra une communication maritime à grande section de la mer à Paris.

Puisque nous voilà dans le domaine des grands travaux publics, je vous donnerai l'assurance que vous serez tenus au courant de ceux qui occupent en ce moment l'attention des ingénieurs du monde entier. Nos collègues qui sont au percement du Saint-Gothard, et M. Lavalley, qui s'apprête à triompher de la mer comme il a triomphé du désert, savent que leurs succès sont les nôtres, et ne nous laisseront pas ignorer les progrès de leurs travaux. Le succès ne paraît plus douteux pour ces deux entreprises. *Au Saint-Gothard*, l'avancement de la galerie d'Airolo (côté de l'Italie) est actuellement à 2500 mètres de profondeur, l'avancement de la galerie de Gœschnen (côté de la Suisse) est à 2780 mètres, et les progrès se poursuivent dans chaque galerie avec un avancement moyen de 3 mètres à $3^{m},50$ par jour.

En ce qui concerne le tunnel de la Manche, tout porte à croire, d'après les explications si précises que vous a données M. Lavalley, que le tunnel pourra être maintenu, dans toute la longueur sous-marine, dans la couche de craie compacte de 80 mètres d'épaisseur, qui ne laisse redouter aucune déchirure du fond de la mer.

Il est donc déjà obligatoire de songer aux moyens de perforation, de transport de déblais, d'aération et d'exploitation.

Je vous inviterai, avec M. Lavalley, à traiter ici ces grandes questions si importantes.

Enfin, dans les sciences pures, où beaucoup de nos collègues sont prêts à soutenir brillamment la lutte, dans les arts métallurgiques qui marchent à si grands pas et se transforment d'une manière si admirable au souffle des hautes températures, où est probablement le succès, comme vous l'a dit M. Jordan, dans les arts industriels, dans les études des applications de l'électricité, dans les arts mécaniques où nous comptons les représentants les plus autorisés, partout nous pouvons trouver des sujets de travaux dont la communication honore notre Société.

Je vous demande, Messieurs, de les produire et de m'aider à donner à notre Société tout l'éclat et toute la renommée qui lui sont dus en récompense de son labeur patient et utile. Je voudrais que de tous les coins de la France et de l'étranger où nous avons des collègues chacun envoyât son tribut à l'œuvre commune.

J'étudierai avec votre Comité toutes les améliorations qu'il serait possible d'introduire dans vos statuts, dans votre règlement et dans la publication de votre Bulletin, et vous pouvez compter que tout ce qui sera possible, sans troubler la situation prospère de notre caisse, due à la gestion si sage et si dévouée de notre cher trésorier, sera fait sans hésiter.

J'aurais encore bien d'autres ambitions pour vous, mes chers collègues, car je vous souhaite tous les succès; mais ces ambitions sont de celles qui soulèvent des luttes stériles et sans issue; il est sage, d'ailleurs, de n'écouter que celles que l'on peut satisfaire, et comme il est au-dessus de mes faibles forces de les réaliser, je me garderai bien de les éveiller.

Restons ce que nous sommes, sans passion comme sans envie, laborieux comme par le passé, lutteurs sérieux et soucieux du devoir accompli, désireux de toujours mieux faire et d'être tous les jours plus utiles à notre cher pays qui a besoin de tous les dévouements; aimons notre chère Société comme nous nous aimons tous, et n'ayons d'autre ambition que d'affirmer sa valeur par nos actes et par nos travaux, et de prouver à tous ceux que la science occupe, que la Société des Ingénieurs civils, née des besoins du temps, alors que l'industrie prenait son essor, sera toujours à l'avant-garde pour en surveiller les progrès et aider à son développement.

M. le Président annonce le décès de MM. Leloup (Joseph) et Martin (Léon).

M. Dumont donne ensuite communication de sa note sur les chemins de fer à voie étroite de Lausanne à Echallens et de Turin à Rivoli.

MM. Joyant, ingénieur aux chemins de fer de l'Est, et Georges Dumont, attaché au service du mouvement de la même Compagnie, avaient adressé



à la Société une note sur les conditions d'établissement et d'exploitation des chemins de fer à voie étroite de Lausanne à Echallens (Suisse), et de Turin à Rivoli. Ces Messieurs avaient simplement pour but de fournir à la Société les renseignements qu'ils possédaient sur ces chemins, et qui pouvaient servir à étudier la question à l'ordre du jour des chemins à voie étroite.

Sans vouloir provoquer de discussion sur le choix à faire entre les chemins à voie normale et ceux à voie réduite, M. Dumont désire présenter quelques considérations générales sur cette question et analyser rapidement une étude fort intéressante que M. Dumon, inspecteur général des ponts et chaussées en Belgique, vient de présenter à son gouvernement sur les chemins économiques construits jusqu'ici en Europe.

M. Dumont pense que ces renseignements complémentaires intéresseront d'autant plus la Société que le rapport de cet ingénieur ne se trouve pas dans le domaine public.

Après avoir fait ressortir les avantages que les concessionnaires de certaines lignes secondaires peuvent retirer de l'emploi d'une voie étroite établie avec de petits rails et sur laquelle circulerait un petit matériel, approprié aux besoins et à l'importance du trafic, M. Dumont laissant de côté l'étude des conditions d'établissement de ces lignes au point de vue économique et au point de vue technique, attendu que ces questions ont déjà fait l'objet d'études sérieuses, envisage la question moins connue de l'exploitation de ces chemins :

Sauf les chemins suédois, comprenant comme on sait 19 pour 100 de lignes à voie étroite et un chemin anglais, la plupart des lignes à voie réduite établies en Suisse, en Italie, en Allemagne et en France et servant aux transports publics, étant au début de leur exploitation, on ne peut avoir que des résultats incomplets, dont on ne peut tirer que des conclusions fort sujettes à caution.

En effet, en Suisse les deux seuls chemins à voie étroite en exploitation sont : celui de Lausanne à Echallens, ouvert complétement le 2 juin 1874, et celui de Winkeln par Hérissau à Appenzell, dont la première section a été livrée à l'exploitation à la fin du printemps dernier.

En Italie il n'existe qu'un seul chemin à voie étroite ayant un service public : celui de Turin à Rivoli, livré à l'exploitation en 1871.

En Allemagne le chemin du Broëlthal dans la Prusse Rhénane existe, il est vrai, depuis 1864, mais M. Dumon n'a pu recueillir de résultats complets sur son exploitation.

Enfin en France, le chemin à voie réduite de Lagny à Villeneuve-le-Comte, en exploitation depuis la fin de l'année 1872, sert principalement à l'exploitation des carrières de meulières en attendant son prolongement jusqu'à Mortcerf.

Les ingénieurs peuvent donc difficilement évaluer les dépenses d'exploitation des chemins à voie étroite. Ces dépenses résultent du reste d'une foule de circonstances particulières.

Un des principaux inconvénients qui ont été signalés pour ces chemins

est le transbordement des marchandises au point de jonction avec les lignes à voie normale.

Après avoir examiné la question au point de vue économique et avoir cité l'opinion de M. Dumon qui pense que les frais de transbordement n'entrent que pour une part insignifiante dans les dépenses d'exploitation, M. Dumont examine l'opération au point de vue de la dépréciation que le changement de wagon fait éprouver à la marchandise. On sait que la perte occasionnée réellement pour le transbordement de la houille, par exemple, varie de 1 à 3 pour 100 seulement. Les conséquences du transbordement ne peuvent donc causer une influence fâcheuse sur l'exploitation de ces chemins.

Du reste il est possible de construire un matériel spécial permettant de renfermer dans des caisses les marchandises craignant le transbordement; on généraliserait ainsi un mode de transport usité déjà en France pour certaines marchandises délicates, telles que calicots, verreries, charbons de bois, etc., etc.

M. Dumont signale et résume brièvement une étude faite en Allemagne sur cette question. M. Waldegg a étudié avec détail un matériel applicable aux voies réduites, dans lequel le corps du wagon est indépendant du châssis et peut être roulé avec facilité sur le châssis des wagons à largeur de voie normale.

Cette étude se trouve publiée dans le journal l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (5e livraison, 1875), publié à Vienne.

Une deuxième cause de frais pour l'exploitation des chemins à voie étroite résulte de l'établissement même du chemin et de la plus ou moins grande déclivité du profil.

Il est indispensable d'examiner l'influence exercée par les pentes sur le coût des transports, pour arriver à établir des tarifs rationnels et suffisamment rémunérateurs.

M. Dumont dit que cette question a été étudiée en Suisse où l'on se trouve dans l'obligation de tolérer d'assez fortes déclivités.

Le gouvernement fédéral suisse a déterminé, en 1873, les coefficients par lesquels il convient de multiplier la taxe normale pour obtenir la taxe applicable à une déclivité déterminée.

Les tarifs établis sur ces bases nouvelles ont été introduits dans les cahiers des charges de toutes les nouvelles concessions de lignes à fortes pentes à ouvrir ou simplement concédées.

Ainsi le tarif du chemin du Saint-Gothard doit être calculé de cette façon.

M. Dumont indique sommairement le mode de détermination de ces coefficients, et il espère pouvoir présenter bientôt à la Société des renseignements complets à ce sujet.

M. Dumont décrit ensuite rapidement les conditions d'établissement et d'exploitation des chemins de Lausanne à Echallens et de Turin à Rivoli.

I. — *Ligne de Lausanne à Echallens.* — Cette ligne part de Lausanne,

elle est établie sur le côté gauche de la grande route qui va de Lausanne à Echallens, elle traverse cette route à la station de Romanel et en suit le côté droit jusqu'à Echallens.

Les stations sont au nombre de 8, leur distance moyenne est de 1800 à 2000 mètres; la longueur totale de la ligne est de 14180 mètres.

On doit relier la gare de Lausanne avec le chemin de fer d'Ouchy et la gare de la Suisse occidentale. Cette prolongation indispensable pour développer le service des marchandises sera exécutée dès que les ressources de la Compagnie permettront de le faire.

La ligne présente des courbes minima de 65 mètres.

La longueur totale de 14 180 mètres se repartit de la façon suivante :

Alignements : 9 587 mètres, soit 68 p. 100 de la longueur totale;

Courbes de plus de 100 mètres de rayon : 4 353 mètres, soit 30 p. 100 de la longueur totale;

Courbes de 100 mètres de rayon et au-dessous : 240 mètres, soit 2 p. 100 de la longueur totale.

Les longueurs totales des parties en palier en pentes ou en rampes sont les suivantes :

Paliers : 1 184 mètres, soit 8,4 p. 100 de la longueur totale;

Déclivités inférieures à 0^m,015 par mètre : 7186 mètres, soit 51,6 p. 100 de la longueur totale;

Déclivités de 0,015 par mètre et au-dessus : 5 810 mètres, soit 40 p. 100 de la longueur totale.

En ce qui concerne la voie, le ballast a une épaisseur normale de 0^m,30, et de 0^m,50 dans les tranchées en glaise humide ou en rocher.

La largeur de la voie est de 1 mètre entre les bords intérieurs des boudins des rails. Ceux-ci pèsent 28^k,900 par mètre courant, et ont une longueur de 6^m,30 à 6^m,40. Ils sont du système Vignole. — M. Dentan, chef du service de l'exploitation de la ligne, estime que leur poids pourrait être réduit sans inconvénient à 20 kilog. par mètre courant.

L'exploitation de ce chemin se fait d'une façon très-économique.

Le personnel comprend : 1 chef de service, 1 comptable, 2 chefs de gare et 6 chefs de station qui ne sont autres que les facteurs des portes des localités. Ils apportent les dépêches quelques instants avant l'arrivée de chaque convoi et distribuent les billets. Ils reçoivent de la Compagnie, pour ce service, 1 franc par jour.

Le personnel des trains se compose de 2 mécaniciens, 2 chauffeurs et 2 employés des trains.

Le personnel de la voie se réduit à 2 aiguilleurs, 1 chef d'équipe et 4 hommes d'équipe qui viennent aider le personnel des gares ou des trains les dimanches ou autres jours d'affluence des voyageurs.

Le matériel roulant se compose de :

4 locomotives.

30 voitures ou wagons.

Les voitures à voyageurs comprennent 2 classes seulement; elles sont chauffées et munies toutes d'un frein à vis.

Le nombre des trains est actuellement de 4 par jour. Le dimanche soir, il est mis en marche un 5e train au départ d'Échallens vers Lausanne.

La durée totale du parcours est de 50 minutes, et la vitesse des trains est de 25 kil. à l'heure (non compris les arrêts).

M. Dumont indique les tarifs perçus pour le transport des voyageurs et des marchandises. A ce sujet, il signale l'usage de carnets d'abonnement, au parcours kilométrique et au porteur donnant 30 pour 100 de réduction sur le prix de la simple course.

Ces carnets, à l'usage des personnes qui veulent circuler par les trains dans *quelque* direction et pour quelque parcours que ce soit, contiennent une feuille composée de 300 petits carrés d'une dimension un peu moindre qu'un timbre-poste et pouvant se détacher de la même manière. Le chef de train détache de la feuille autant de carrés qu'il y a de kilomètres parcourus et donne au voyageur une carte sur laquelle est indiquée la station de départ et d'arrivée.

Le porteur du carnet n'est donc soumis à d'autre obligation que d'annoncer à son entrée dans le train la station où il veut s'arrêter.

Ce système ingénieux et commode pourrait peut-être recevoir des applications sur certaines lignes françaises.

Les résultats de l'exploitation ont été les suivants :

La 1re section de Lausanne à Cheseaux, comprenant 7k,500m, a été ouverte le 5 novembre 1873. La 2e section de Cheseaux à Échallens, comprenant 7 kil., a été ouverte le 2 juin 1874.

Du 5 novembre 1873 au 31 mai 1874, la 1re section a produit une recette brute de. . . . . correspondant à une recette kilométrique annuelle de 4,507f.75.	19 275 fr.
Du 1er juin 1874 au 31 décembre 1874, la ligne entière a produit une recette brute de. correspondant à une recette kilométrique annuelle de 5 329 fr.	46 893
La recette totale au 31 décembre 1874 était donc de.	66 168 fr.

Le nombre des voyageurs transportés a été dans cette période de 122 142.

La ligne traversant une contrée essentiellement agricole et peu industrielle, les marchandises rapportent fort peu, mais on espère que le trafic se développera quand la ligne aura été reliée au chemin de fer d'Ouchy et à la gare de la Compagnie de la Suisse occidentale à Lausanne.

Les frais d'exploitation ont atteint, du 5 novembre 1873 au 31 décembre 1874, le chiffre de 60 000 fr., ce qui porte à 6 168 fr. seulement la recette nette.

On espère que les frais d'exploitation ne dépasseront pas 4 000 fr. par kilomètre, et on compte même les réduire à 3 600 fr.

II. — *Ligne de Turin à Rivoli.* — Ce chemin, établi dans la belle plaine qui entoure la ville de Turin, a une largeur de voie de 0^{m},90.

Sa longueur est de 12 kilomètres. Il est établi sur l'une des contre-allées de la grande route de Turin à Rivoli, dont la largeur primitive de 17 mètres est réduite aujourd'hui à 11^{m},90.

La pente moyenne de la ligne est de 0^{m},0088. La plus forte est de 0^{m},017. Les stations sont au nombre de 4, savoir : les stations de Turin, de Rivoli, et 2 stations intermédiaires dans lesquelles les maisons cantonnières servent de bureaux aux recettes.

La plate-forme du chemin a une largeur totale de 3^{m},20, le ballast a une épaisseur de 0^{m},40.

Les rails du système Vignole pèsent 21^{k},453 par mètre courant. Leur longueur est de 5^{m},70. Ils reposent sur 7 traverses en chêne.

Le matériel roulant se compose de :

4 locomotives-tenders pesant à vide 8^{t},700, et remorquant 50 tonnes de poids brut sur de pentes de 0^{m},018 à une vitesse de 30 kilom. à l'heure ;

21 voitures ou wagons pesant en moyenne 2^{t},600.

Le coût de la ligne s'établit de la façon suivante :

Études et direction pendant la construction. . . .	14000	francs.
Expropriations.	9000	
Terrassement et mise en état de la route ordinaire.	96000	
Ouvrages d'art.	96000	
Matériel fixe (coût kilométrique : 12138 fr.). . . .	213000	
Matériel roulant.	251000	
Total.	675000	francs.

Soit, par kilomètre, 56000 francs.

L'exploitation se fait très-économiquement; le personnel se compose :

Pour les gares, de 14 agents;

Pour les trains, de 8 agents;

Pour la surveillance et l'entretien de la voie, de 12 agents.

Soit en tout : 34 agents.

La circulation est de 16 convois de voyageurs dans chaque sens les jours ordinaires.

La circulation est de 24 convois et plus dans chaque sens les jours de fêtes.

Les trains marchent à la vitesse moyenne de 24 kilom. à l'heure.

En regardant comme normaux les frais d'exploitation et les recettes de l'année 1873, on trouve :

Recettes.	110979	francs.
Frais d'exploitation. . .	70715	
Différence.	40264	francs.

En défalquant des recettes la somme que l'État prélève sur cette recette brute, soit 10979 fr., on trouve qu'il reste un bénéfice net d'environ

30000 fr., soit 2500 fr. par kilomètre représentant les 4,50 p. 100 du coût kilométrique.

Enfin, M. Dumont ajoute aux renseignements qui précèdent quelques mots sur le chemin de fer en construction de Winkeln par Hérissau à Appenzell.

Cette ligne de 24k,500 est établie sur un terrain excessivement tourmenté et se développe à travers des vallées sinueuses et profondes.

La largeur de 1 mètre donnée à la voie est nécessitée par l'obligation où on se trouve d'avoir recours à des ondulations très-brusques, pour atteindre les hauteurs où sont situées les localités à desservir.

Les courbes ont parfois un rayon de 90 mètres seulement, et sont situées dans des parties inclinées de 0m,035.

Les rails pèsent 23 kilogrammes par mètre courant et la dépense kilométrique de la ligne entière, y compris le matériel roulant, est estimée à 120000 francs.

Ce matériel se compose de machines-tenders, pesant 19 tonnes environ, et de wagons d'une capacité de 6 tonnes.

La 1re section de la ligne, de 8 kilomètres environ, s'étendant de Winkeln à Walstatt, a été ouverte au mois de juillet dernier.

Dès qu'elle sera terminée, nous vous donnerons des renseignements plus complets sur son mode de construction et sur son mode d'exploitation.

En terminant, M. Dumont fait observer que, si les chemins publics à voie étroite *qui existent* sur le continent dans les pays qu'il a cités plus haut ne *peuvent fournir* que des renseignements incomplets sur leur exploitation à cause de leur récent établissement, on peut citer en Angleterre un exemple de ligne à voie étroite, qui a donné de brillants résultats au point de vue financier.

C'est le chemin de Festiniog à Port Madoc, dans le pays de Galles. Ce chemin de 0m,60 de largeur de voie s'étend sur une longueur de 21 kilomètres, admet des courbes dont les rayons varient de 160 mètres à 35m,20 seulement et des déclivités de 0m,005 à 0m,01. Il existe depuis 1832, mais il n'est livré au service des voyageurs que depuis 1863.

Les rails pèsent 14k,9 et les trains circulent à une vitesse maxima de 20 kilomètres à l'heure.

Le produit net est par kilomètre de 12720 francs, et représente les 46,57 p. 100 de la recette brute. Le coût du kilomètre a été, d'après M. Goschler, de 11 500 francs.

M. Dumont ajoute qu'on pourrait trouver d'autres exemples de chemins à voie étroite ayant pleinement réussi, mais que M. Joyant et lui, en fournissant les renseignements précédents, n'ont eu pour but que d'apporter à la *Société* un document de plus pour l'étude de cette grande question des chemins à voie étroite, ainsi qu'il l'a annoncé en commençant.

M. le Président remercie MM. Joyant et Dumont pour leur intéressante communication.

MM. Breguet fils, Atkins, Colle, Mallet, Nousse et Suc ont été admis comme membres sociétaires.

Séance du 21 Janvier 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part à la Société du décès de M. Touron.

Il donne ensuite lecture d'une lettre qu'il a reçue de M. P. Regnard au sujet de la communication faite par MM. Dumont et Joyant dans la dernière séance, où il est dit que : « sauf les chemins de fer suédois et un chemin de fer anglais, la plupart des chemins étroits, étant au début de leur exploitation, on ne peut avoir que des résultats incomplets. »

M. Regnard fait remarquer que c'est justement en Belgique qu'existe un des chemins de fer à voie étroite les plus anciens, celui d'Anvers à Gand, établi vers 1842 et sur lequel il a fait une communication à la Société en 1868.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Jules Gaudry sur la reconstruction de la colonne Vendôme.

M. BRULL fait observer à ce sujet que M. Gaget, membre de la Société, lui a fait savoir qu'il était à même de fournir des renseignements particuliers sur le travail qui doit faire le sujet de la communication de M. Gaudry, travail dont lui, M. Gaget, a exécuté une partie comme entrepreneur; notre collègue ne pouvant assister à la séance d'aujourd'hui il serait peut-être préférable que M. Gaudry remît sa communication à la prochaine séance.

M. LE PRÉSIDENT voit une difficulté sérieuse à modifier actuellement l'ordre du jour de la séance; la communication que va faire M. Gaudry pourra d'ailleurs être utilement complétée plus tard par les renseignements qu'apportera M. Gaget, et qui seront certainement accueillis avec intérêt par la Société.

M. JULES GAUDRY rappelle qu'en 1863 il a fait à la Société des ingénieurs civils une communication sur la dépose et la pose des statues de la colonne Vendôme, aujourd'hui il se propose de fournir quelques données sur la reconstruction du monument, qui vient d'être faite par l'architecte Alfred

Normand. Bien que cette communication soit faite au point de vue purement technique, M. Gaudry croit qu'il est bon tout d'abord de relever deux erreurs qui ont cours sur la colonne Vendôme.

La première est que c'est, dit-on, un monument sans valeur artistique. Ceux qui le prétendent l'ont donc bien peu regardée, car les appréciateurs les plus autorisés n'hésitent pas à dire qu'à part quelques plaques, toutes ces sculptures appartiennent au meilleur style de l'école de David.

La seconde erreur concerne le bronze. Il est de mode de dire et d'écrire qu'il est *ce qu'on peut voir de plus mauvais*. La vérité est qu'il y a par places des piqûres assez nombreuses que le temps n'a d'ailleurs pas agrandies, et desquelles on pourrait peut-être conclure que l'art du fondeur, si admirable au temps des Keller, avait été un peu oublié comme d'autres à cette époque d'orages publics. Mais quant à la composition du bronze, les analyses et épreuves faites en divers laboratoires, notamment à celui du chemin de fer de l'Est, prouvent qu'il est de qualité non-seulement bonne, mais parfois supérieure.

Cette composition est néanmoins très-variable, ce qui n'étonne pas, puisque les 1 200 canons qui ont servi à faire la colonne Vendôme venaient de tous les pays et de toutes les époques, d'où l'on voit qu'on n'était pas plus fixé en ces temps qu'au nôtre sur la *composition-type* du bronze.

En général les analyses ont donné les trois recettes suivantes :

Cuivre pur	81,5	83	90
Étain	13,5	13	10
Plomb	5	4	0
	100,0	100	100

Il s'en faut donc de beaucoup que la colonne Vendôme soit indigne de l'estime des artistes et des bronziers.

Au premier abord on put croire que le relevage, après la chute de 1871, serait une opération facile, car les débris avaient été recueillis et classés, et on était parvenu à faire restituer les principaux morceaux manquant. Beaucoup, cependant, n'ont pas encore reparu, dispersés qu'ils sont probablement fort loin chez des collectionneurs, car l'un d'eux a été retrouvé et racheté à New-York. On reconnut ensuite que très-peu de plaques étaient vraiment entières et intactes. Dans le fût seul de la colonne on a dû rapporter 700 pièces de toutes dimensions. Les crampons de bronze fixés dans la pierre et agrafant les plaques furent bien retrouvés en grande partie, mais ils ne se raccordaient plus avec les tenons d'agrafage attenant aux plaques, lesquels avaient été tordus ou arrachés. Il fallut en remplacer un certain nombre et les faire coïncider avec les crampons fixés dans la pierre, ce qui fut une des œuvres les plus délicates de la reconstruction. Un grand nombre d'assises de pierres manquaient ou avaient été brisées dans la chute.

Enfin, un certain nombre de plaques de bronze étaient tordues comme du plomb, prouvant ainsi la ténacité et malléabilité de l'alliage.

En parlant de ses propriétés nous ne pouvons pas omettre de relater un phénomène qui nous a été affirmé par des témoins oculaires de la chute. Il paraîtrait qu'après la catastrophe le bronze brûlait à ne pas tenir la main, et qu'une heure après il était encore plus que tiède.

Les désastres de cette époque ont offert plusieurs sujets d'étude analogues, témoin l'allongement permanent après dilatation qu'on a constaté sur les pièces de fer des bâtiments incendiés et la pulvérisation des pierres à une très-grande profondeur par les obus.

On pourrait comparer l'effet à celui des glaces qui ne sont percées par une balle que d'un simple trou, et sont étoilées dans toute leur superficie; des pierres auraient été détruites de même partout dans leur agrégation moléculaire, et là où l'on croyait n'avoir à reboucher qu'une simple trouée d'obus, on a reconnu que tout le bloc s'en allait en poussière, ainsi qu'il est arrivé notamment à l'Arc-de-Triomphe, réparé aussi par M. Alfred Normand.

Sans insister davantage sur ces phénomènes, et revenant à la reconstruction de la colonne Vendôme, on a vu qu'elle a présenté à résoudre un problème des plus compliqués. Le décret de l'Assemblée nationale avait statué que la colonne serait réédifiée telle qu'elle était au jour de sa chute. On a donc dû ensuite écarter par la question préalable les nombreux projets qui ont été proposés, pour rester dans le système primitif de construction en pierre avec revêtement de bronze, tel qu'il avait été conçu par MM. Lepère et Gondoin, sous les ordres desquels travailla feu M. Hittorff, que la Société des ingénieurs a compté parmi ses membres.

A la différence de la colonne de la Bastille qui possède une carcasse en bronze, comme les nouvelles colonnes de phares, celle de la colonne Vendôme est, à vrai dire, un monument de pierre de taille, avec revêtement de bronze indépendant et prenant son libre jeu de dilatation et de retrait.

La pierre a été élevée par assises, avec armatures de consolidation et joints de scellement très-soignés. Dans la reconstruction de l'enveloppe de bronze il y a eu quatre séries de travaux à distinguer.

D'abord la restauration ou le remplacement, soit total, soit partiel. des plaques de bronze composant la spirale si richement sculptée. Pour cette ingrate œuvre de patience, on redressait d'abord à la presse les fragments, on les rapprochait et on les fixait provisoirement sur un mandrin de forte tôle, et le sculpteur, M. Maillet, restaurait en plâtre les parties manquantes.

Ces pièces étaient ensuite détachées, fondues et ciselées par la maison Thiébault, et rajustées sur les anciennes plaques par des sertissures.

Quelquefois, mais rarement, quand la plaque était trop brisée on moulait sur elle, après que M. Maillet l'avait recomposée, et avec ce moule on refondait une nouvelle plaque. Mais il n'y a eu que six plaques refaites ainsi entièrement.

La seconde série des travaux comprenait le calibrage des plaques à poser, opération aussi délicate que difficile, car le calibre n'est nullement uniforme. A partir du premier tiers, la colonne diminue progressivement de

diamètre, et il fallait que les douze bas-reliefs qui font le tour soient calibrés au millimètre près, sous peine, lors de la mise en place, de laisser des vides et de ne pas s'emboiter.

Ce calibrage a été fait avec une forte presse à vis et un système de cales, évidemment en tâtonnant pour arriver à la limite voulue. La pose a été parfaite, il n'y a ni vide, ni solution de continuité; on ne voit nulle part les traces de la restauration.

Après le calibrage est enfin venu l'élévation par un palan, et la mise en place définitive. Chaque plaque héliçoïdale s'emboitait par le bas à celle du dessous, par une rainure derrière un filet saillant. L'assemblage des plaques est fait en dedans par les agrafes saillantes, dont il a déjà été parlé, et par des goujons en bronze.

A mesure que les viroles héliçoïdales montaient, et après le boulonnage des plaques dont elles se composent, on posait à l'intérieur les assises de pierre, en sorte que les assemblages étaient dès lors emprisonnés et masqués pour toujours. C'est ce qui explique pourquoi les renverseurs de 1871 ont dû renoncer au fameux déboulonnement promis, et revenir au tirage de 1814, qui fut si fatal à plusieurs des alliés et émigrés attelés aux câbles pour renverser le monument à cette époque.

Après avoir monté le fût par fragments, puis le chapiteau et la plateforme en corniche qui le surmonte et qui va jouer le grand rôle dans le montage de la statue, on a hissé la coupole d'une seule pièce. Restait la statue, mais à son égard la question est restée quelque temps en suspens. Celle de 1871 était très-avariée, mais d'autre part la statue légendaire, descendue en *1863 et transférée* à Courbevoie, avait été encore plus brisée. On fut donc obligé de déchafauder la colonne, remettant à plus tard l'ascension de la statue qui eût alors été si facile.

Mais avant, on a procédé à la quatrième et dernière opération sur les plaques, savoir l'application de cette teinte si délicate dans l'art du bronzier qu'on nomme la *patine*, laquelle peut devenir avec le temps si différente de celle qui a été posée. Dans une œuvre d'un seul jet, cette modification est du moins uniforme, et elle caractérise des types connus sous le nom de bronze antique, bronze florentin, bronze chinois, bronze des Keller, etc.

Mais avec la variété de bronze entrée dans la colonne Vendôme, la question de la patine devait beaucoup préoccuper.

Après avoir été nettoyée et lavée à grande eau, la colonne a été *patinée* avec un mélange de sulfhydrate d'ammoniaque, d'acide acétique, de jaune de chrome et de noir de fumée. On a appliqué cette substance à l'aide de brosses; on a laissé sécher entièrement, et on a enfin appliqué une couche d'encaustique, qu'on a brossé pour constituer une sorte de vernis ou cirage. La pluie a ensuite lavé ce qu'il y avait peut-être d'un peu cru dans le ton de la première heure, et il est incontestable que la colonne prend maintenant de plus en plus, surtout par le soleil, cette belle teinte qui rappelle les beaux bronzes de Keller, à Versailles, et qui est presque de tradition fran-

chise. Puisse-t-elle se maintenir, ce qu'on espère; mais verdirait-elle un peu, qu'on ne ferait que revenir à la patine de 1871, qui, en somme, était fort belle, et en tous cas *sui generis*.

La charpente qui a servi à l'érection de la colonne Vendôme mérite l'attention[1]. En général, il se fait depuis quelques années des échafaudages de monuments publics trop peu remarqués, et qui n'ont rien à envier aux célèbres œuvres analogues du temps passé. La charpente en l'air, pour la restauration des Invalides, du Panthéon, de l'Arc-de-Triomphe n'ont été rien moins que des merveilles en leur genre. L'échafaudage de la colonne Vendôme, sans présenter autant de difficultés, ne peut être passé sous silence.

Sa hauteur totale était de $46^{m},70$; sa base était carrée et avait $16^{m},40$ seulement de côté. Il se composait de quatre poteaux d'angles plantés dans le sol, y entrant à 2 mètres, et inclinés sur leur hauteur de $2^{m},50$. A l'intérieur de ce premier carré, huit autres montants étaient placés, mais verticalement. Ces huit montants, aussi rapprochés que possible du fût de la colonne, servaient à établir des planchers suivant les diverses hauteurs nécessaires à l'édification de la colonne en pierre et à la pose de son revêtement en bronze.

Ces divers poteaux étaient reliés entre eux par des moises horizontales espacées entre elles de 6 mètres et reliant les divers poteaux par des triangles. Les escaliers, aussi commodes qu'il soit possible dans la circonstance, entraient dans le système général de consolidation, donnant à l'ensemble de l'échafaudage une résistance remarquable, et qui lui enleva tout mouvement sensible pendant la plus grande partie du temps, encore assez long, qui fut nécessaire pour la réédification de la colonne. On se rappelle de quelle violence ont été certains coups de vent à cette époque. L'échafaudage en question leur a résisté sans aucune menace.

Le bois de sapin a été exclusivement employé pour sa construction. L'échafaud a employé $266^{st},308$; les planchers, pour le travail des ouvriers, $28^{st},059$. Le cube total du bois employé a donc été de $294^{st},367$.

L'échafaud a coûté en totalité 17 188 fr. 39 c., y compris une somme de 3524 fr. 00 c., allouée à l'entrepreneur pour première location et plus-value d'échafaud fait à une grande hauteur et isolément. La légèreté et la simplicité du système adopté ont seules pu donner un résultat si avantageux.

L'échafaudage était déjà enlevé depuis longtemps, quand on s'est enfin décidé à remonter la statue. Pour elle comme pour la colonne, on a dû, aux termes du décret, écarter par la question préalable tous projets autres que celui de la statue du sculpteur Dumont, qui avait disparu en 1871. La pose vient d'être faite ces jours derniers, au moyen d'un échafaud en l'air qui a différé de celui de M. Hittorff, dont la Société s'est occupé en 1863.

L'appareil imaginé par M. Normand et installé par M. Duprez est suffi-

1. M. Gaudry présente, au nom de M. Duprez, entrepreneur de charpente, la photographie des charpentes de la colonne Vendôme et du Panthéon.

samment compris par les plans mis sous les yeux de la Société. C'est une cage en charpente, haute de 11 mètres et à quatre étages, agrafée à la colonne, d'une part, par son pied rendu solidaire avec la corniche par des moises prenant en dessus et en dessous, et, d'autre part, par une enrayure au couronnement de la coupole, à la base de la statue. Dans cette cage est agencée une grue ou chèvre fixe dont le palan, installé au sommet, se déplacera seul, comme dans les grues à chariot, pour amener la statue à sa place quand elle sera venue à hauteur. Le treuil est derrière le lanternon de la colonne, de manière à faire avec ses manœuvres contre-poids à la statue. Le treuil n'a été autre que le classique instrument des charpentiers à deux leviers, mus chacun par trois hommes.

Suivent quelques dimensions : Bois des moises d'agrafage 10 mètres de longueur, section 30/13 ; montants 11 mètres de hauteur, section 20/8. Cube total des bois 27 stères.

La statue amenée au pied de la colonne n'a pas été mise dans une cage en charpente, comme en 1863 ; mais elle a été, pour ainsi dire, habillée avec les cordages eux-mêmes, un simple cadre étant sous le socle. Trois moufles ont opéré l'ascension, les deux latéraux n'étaient là que pour sûreté, sans travailler à proprement parler ; le palan à triple poulie du milieu opérait seul. Son câble neuf, en chanvre pur garanti première qualité, avait 5 centimètres de diamètre, 330 de longueur, et pesait 665 kil. ; le tout avait été calculé pour une charge à monter de 5000 kil., dans lesquels la statue comptait pour 3.000 kil. en nombre rond.

L'ascension devait durer trois heures et commencer à midi ; les préparatifs inachevés la veille et l'arrivée tardive de la statue n'ont permis de commencer réellement qu'à quatre heures, et on a continué, non sans audace, jusqu'à une heure avancée de la soirée ; mais, du moins, sans incidents et sans flexion sensible de la colonne, ainsi qu'on s'en assurait en suivant des niveaux à bulle d'air installés sur la plate-forme. Une précaution avait été prise à cet égard : du côté opposé à celui où montait la statue, on avait disposé trois charpentes en contre-poids, reliées par des câbles à la plate-forme de la colonne, et qui ne devaient entrer en action qu'en cas de besoin ; ils n'ont pas eu à jouer. Quant aux câbles des moufles, il est bien entendu qu'ils ne faisaient pas masse sur le treuil d'ascension ; mais qu'après quatre enroulements, on les faisait filer en arrière et descendre vers le bas de la colonne, comme dans les cabestans des navires.

Une fois élevée verticalement au niveau de sa plate-forme d'assise, des charpentiers sont montés avec hardiesse à la plate-forme supérieure, et, faisant riper la traverse d'où pendaient le palan et la statue, ils ont amené celle-ci à sa place, où on l'a scellée au plomb sans plus d'accident que pour l'ascension.

Ainsi a été terminée la restauration complète du monument. On a dû remarquer que ses chantiers ont bien peu empiété sur la voie publique. Pendant la reconstruction de la colonne, l'enclos formé de planches fut un rectangle de 35 mètres sur 58 mètres. Les bronzes y étaient accotés inté-

rieurement, comme en exposition. L'enclos contenait le bureau des architectes et surveillants, l'atelier du statuaire, celui des calibreurs de plaques et les tailleurs de pierre.

Pour l'ascension de la statue rien n'a dépassé la grille, et le public n'a été tenu à distance que par surcroît de précaution.

La dépense de la reconstruction de la colonne Vendôme a été bien loin de coûter un million, comme quelques-uns l'ont dit. D'après le bordereau officiel, elle se monte à 269 326 fr. 97 c., compris honoraires d'architecte et d'artiste, et les plus-values accordées plus tard aux divers entrepreneurs pour travaux dépassant les prévisions de leur forfait.

Il ne nous reste plus qu'à nommer, en terminant, les principaux collaborateurs de la reconstruction de la colonne Vendôme, qui, à part son intérêt artistique et historique, constitue une œuvre technique remarquable en elle-même, ainsi que par la simplicité des moyens; ce sont :

Alfred Normand, architecte.

Cazeaux, conducteur des travaux.

Maillet, statuaire.

Vernaud, entrepreneur de maçonnerie.

Duprez, entrepreneur de charpentes, constructeur des échafaudages.

Monduit, Gaget, Gauthier et Cie, constructeurs qui ont été chargés du redressage et de la mise en place des plaques.

Thiébaut, qui a fondu les pièces de réparation de la colonne.

Despujol, qui a refait en ciment de Portland les parties brisées des anciennes assises de pierre susceptibles d'être réemployées.

Perelli et Charnod, qui ont restauré la statue. Cette opération, à la vérité très-difficile, a été faite hors de la participation de M. Normand, sous la surveillance du ministre de l'instruction publique et des beaux-arts.

Enfin, MM. Drouet et Langlois, marbriers, ont refait le dallage de la base de la colonne, non en pavage comme précédemment, mais en granit de Corse, avec incrustation de porphyre de Finlande, provenant des blocs apportés pour le sarcophage du tombeau de l'empereur Napoléon, aux Invalides.

M. le Président remercie M. Gaudry de son intéressante communication.

M. Marché présente l'analyse de l'ouvrage de M. Vidard, membre de la Société, sur le *matériel de transport pour voyageurs*.

Cette brochure comprend deux parties distinctes : l'une est une étude comparée et générale des principaux systèmes de voitures employées, l'autre renferme la description de deux types nouveaux de *voitures à deux étages*, destinés, le premier aux lignes de banlieue, le second aux longs trajets.

Dans l'étude comparative des trois systèmes connus de voitures à voyageurs : système américain, voitures à compartiments séparés du système

anglais et voitures, dites françaises, à impériales ouvertes ou fermées, M. Vidard a reproduit les considérations intéressantes qu'il avait présentées à la Société en 1869 à l'occasion d'une note de M. Simonin sur les avantages et le confortable du matériel américain.

Après avoir fait ressortir l'influence qu'ont eue les mœurs des populations à desservir, sur le choix, dans les différents pays, du système de voitures adopté et sur leurs dispositions, M. Vidard fait remarquer judicieusement qu'il existe toujours dans chaque pays des groupes plus ou moins nombreux que ne satisfait pas le système usité et qui réclament le système opposé : pendant qu'en France on demande l'application des dispositions américaines, la libre circulation dans les voitures, la communication entre les voitures du même train et le confortable, lits, buffets, water-closets, etc., les Américains recherchent aujourd'hui, comme luxe et moyennant surtaxe, les compartiments isolés.

Les avantages et les inconvénients respectifs des voitures anglaises et des voitures américaines ont été souvent énumérés et comparés tant au point de vue des tendances et des désirs du public qu'à celui des conditions d'exploitation. En France, les nécessités spéciales de nos services de banlieue pour le transport des voyageurs par grandes masses ont amené la création d'un troisième type, celui des voitures à impériales.

Tout le monde connaît les deux types usités, celui de l'Ouest à impériales ouvertes, auxquelles on reproche leur accès difficile et dangereux, leur éclairage et l'insuffisance de l'abri pour les voyageurs, et le type à impériales fermées, appliqué par la Compagnie de l'Est à 66 voitures, très-apprécié sur *la ligne* de Vincennes et dont M. Vidard a été le promoteur.

Ce dernier type présente encore certains inconvénients, et c'est dans leur suppression que M. Vidard a cherché le programme des deux types nouveaux qu'il nous soumet.

Les défauts signalés sont :

1° L'impossibilité d'établir la circulation tant réclamée d'une voiture à l'autre;

2° L'insuffisance de l'éclairage;

3° L'impossibilité d'y adapter les dispositions confortables qui se rencontrent dans les voitures américaines.

M. Vidard propose donc pour les lignes de banlieue un type de voitures à deux étages dans lequel soient possibles la circulation dans la voiture et la communication entre les voitures, et comme il tient à maintenir à l'étage inférieur la division en compartiments satisfaisante pour beaucoup de voyageurs, c'est à l'étage supérieur qu'il établit la circulation désirée.

Cette circulation exige que la hauteur du couloir central (qui est de $1^m,65$ dans les voitures de l'Est) puisse être portée à $1^m,70$ et $1^m,80$, ce résultat est obtenu par un nouvel abaissement du châssis, disposé de manière à ce que le plancher soit à $0^m,675$ au-dessus du rail, ce qui permet de donner $1^m,700$ de hauteur dans les compartiments inférieurs, et $1^m,800$ au couloir

central de l'impériale fermée, sans excéder, y compris 0m,075 pour l'épaisseur des plafonds, une hauteur totale de 4m,250 pour la voiture neuve, non chargée; limite exigée par les dimensions des travaux d'art sur les lignes françaises.

Sur les lignes concédées avant 1859, la distance verticale mesurée du dessus des rails, à l'intrados des voûtes des ponts et des souterrains, ne peut être inférieure à 4m,300. Dans les cahiers des charges des lignes concédées depuis 1859, cette hauteur est portée de 4m,300 à 4m,800, cote du gabarit des chemins allemands.

Comme les principales têtes de lignes aboutissant à Paris ont été établies avant 1859, c'est la hauteur la plus faible, 4m,300, qui donne la limite à laquelle on est actuellement forcé de s'arrêter pour la hauteur des véhicules.

M. Vidard établit qu'on pourrait porter de 4m,300 à 4m,500 la hauteur libre des travaux d'art des lignes construites avant 1859 sans toucher à ces travaux, mais en abaissant de 0m,20 la plate-forme de la voie, qu'on raccorderait par une rampe et une pente de 0,001 par mètre, soit 200 mètres de longueur.

Il évalue à 200 fr. le coût de l'abaissement de la voie, dans ces conditions, par chaque 10 mètres de travaux d'art, et à 7.800 fr. la dépense à faire pour le raccordement en aval et en amont.

Pour la ligne de l'Ouest, l'ensemble de la dépense serait d'environ 2 000 000 de fr., à répartir d'ailleurs sur une période plus ou moins longue, et en confondant la rectification avec l'entretien des travaux d'art et la réfection des voies.

Dans le nouveau châssis proposé, les longerons sont en tôle découpée, renforcée par des fers cornières ou à T rivés; ils sont plus légers que ceux en fer double T; les ressorts de suspension sont fixés et suspendus au-dessous des boîtes par de doubles harpons formant frettes autour de la boîte et la consolidant.

M. Marché fait quelques réserves à l'égard de cette disposition, qui lui paraît présenter quelque danger, la voiture étant suspendue par l'intermédiaire de huit étriers renversés, dont les écrous, placés dans une partie peu abordable et peu visible, peuvent se desserrer et tomber; il préférerait que les ressorts fussent replacés au-dessus des boîtes, ce qu'on pourrait obtenir sans augmenter sensiblement la hauteur du plancher.

Quoi qu'il en soit, la hauteur de 1m,80 pouvant être obtenue pour le couloir central, le passage d'une voiture à l'autre est établi en relevant le palier des escaliers au niveau du plancher de l'impériale; la rampe reçoit sur chaque palier une porte à doubles vantaux, s'ouvrant dans l'axe du passage, chaque double porte en s'ouvrant abaisse un petit tablier par une combinaison de leviers, et quand les voitures sont attelées, les tabliers des deux voitures contiguës se recouvrent de quelques centimètres en s'abaissant, et les portes maintenues ouvertes ferment le vide latéral et forment un double garde-corps de chaque côté du passage.

En abaissant la ceinture de l'impériale et en en relevant le pavillon, on peut donner à chaque baie une hauteur de 0m,800 sur 0m,600 de largeur, avec glaces en deux parties, ce qui permet d'éclairer et d'aérer l'étage supérieur dans d'excellentes conditions. Des siéges élégants épousant la forme du corps et formés, comme les siéges de jardins, de baguettes en bois ou de lames flexibles en acier, des stores et rideaux à toutes les baies, des filets pour recevoir les colis légers, aussi bien dans l'impériale que dans la caisse inférieure, constituent le confortable suffisant pour les courts trajets des voitures de banlieue.

L'éclairage de ces voitures se ferait avec du gaz riche comprimé, en employant des réservoirs mobiles, légers et maniables, spéciaux à chaque bec (un réservoir renfermant le gaz nécessaire pour alimenter le bec pendant dix heures pèserait 8 à 10 kil.), qui se placeraient dans des coffres fixés sur la corniche de la caisse inférieure, de chaque côté de l'impériale. Huit becs, quatre pour la caisse inférieure, quatre pour l'impériale, brûlant 15 à 20 litres par heure de gaz riche, munis chacun de leur appareil complet, réservoir, régulateur et brûleur, assureraient un éclairage excellent.

Le poids total d'une voiture ainsi disposée, et pouvant contenir 88 voyageurs, ne serait que de 7.800 kil. (89 kil. par place), et la charge totale par essieu n'excéderait pas 6 tonnes.

M. Marché considère ce type de voitures comme réalisant, sur celui déjà appliqué aux services de banlieue de l'Est, des progrès réels et importants; il pense donc que son emploi serait très-bien accueilli du public.

Quant au type destiné aux longs trajets, M. Vidard s'est proposé, à l'aide de la même disposition du châssis surbaissé et de la communication entre les voitures à l'étage supérieur, d'y installer tout le confortable des voitures américaines, mais avec un poids de voiture et un prix d'acquisition beaucoup moindres.

M. Marché met sous les yeux des membres présents les dessins complets de ce type de voiture, dont toutes les banquettes sont disposées de manière à se transformer en lits. Une telle voiture contiendrait 66 places pouvant donner 38 lits. A l'étage supérieur, on peut disposer des cabinets d'aisance et de toilette, et installer également un cabinet servant de buffet-office avec comptoir et matériel nécessaires à la distribution de la nourriture et des rafraîchissements dont les voyageurs pourraient avoir besoin. Ces cabinets ne seraient nécessaires que dans une seule des voitures composant le train, l'accès en serait facile pour tous les voyageurs qui occupent l'étage supérieur; quant à ceux des compartiments inférieurs, ils y accéderont pendant l'arrêt aux stations.

M. Marché, en terminant cette rapide analyse, croit devoir faire remarquer que les types de voitures proposés par M. Vidard, quelque pratiques et recommandables qu'en soient les dispositions, ne paraissent pas devoir être d'une application aussi générale que leur auteur se plaît à le supposer. Ce sont des solutions spéciales applicables aux deux cas particuliers du transport sur les chemins de banlieue et de celui des voyageurs qui recher-



chent le luxe; mais la question de la meilleure voiture à adopter, tant au point de vue de l'exploitation économique et de l'extension si désirable de notre puissance de transport qu'à celui du bien-être de la grande masse des voyageurs, comporte beaucoup d'autres conditions à remplir.

Les promeneurs des grandes villes et les voyageurs riches ne constituent qu'une partie de la clientèle des chemins de fer, la grande masse comprend les voyageurs à parcours moyen des lignes de faible trafic dont le transport est si onéreux par suite de l'imparfaite utilisation du matériel actuel, et les voyageurs des longs trajets, de 2e et de 3e classe, circulant dans les trains omnibus, et dont le séjour dans les voitures est d'autant plus pénible qu'il est plus prolongé, par suite de la vitesse réduite de ces trains.

Il convient donc d'appeler l'attention sur l'étude de nouveaux types de voitures; d'une part, pour l'exploitation économique des lignes à faible trafic, et d'autre part, pour le transport des voyageurs de 3e classe à de grandes distances.

La voiture à deux étages ne paraît pas pouvoir donner la solution de ces deux problèmes, qui pourrait être trouvée pour le premier, exploitation des petites lignes, dans la réduction à deux du nombre des classes, et pour le second dans l'emploi de voitures confortables, sans luxe, avec couloirs permettant aux voyageurs de se déplacer dans les voitures pendant la marche.

M. Vidard n'a que peu de choses à ajouter à l'exposé qui vient d'être si bien présenté par M. Marché. L'utilisation d'un matériel roulant pour voyageurs est beaucoup moins du domaine de la construction que de celui de l'exploitation; il ne suffit pas, en effet, d'établir les voitures dans les meilleures conditions pour l'utilisation du poids mort, il faut surtout proportionner dans les trains le nombre des voitures à celui des voyageurs à transporter; c'est là que des statistiques faites avec soin sur chaque ligne pourraient être d'une grande utilité.

M. Dumont demande des explications sur la manière dont se fait la communication entre les voitures à l'étage inférieur. Il lui semble qu'il y a là une lacune.

M. Vidard répond que cette communication n'existe pas et cela intentionnellement. Il y a deux systèmes de voitures en présence, le système anglais caractérisé par des compartiments isolés, et le système dit américain permettant la communication dans le sens de la longueur; chaque système a ses avantages et ses inconvénients, et par suite ses prôneurs et ses détracteurs. M. Vidard, dans le type qu'il présente à la Société, a cherché à réunir dans la même voiture les avantages des deux systèmes : l'étage supérieur permet la communication, l'étage inférieur conserve les compartiments isolés.

M. Gaudry reconnaît, en effet, que, pour le bas, la voiture de M. Vidard offre une grande analogie avec une voiture ordinaire, tandis que la partie supérieure rappelle le type américain; la hauteur de l'étage inférieur lui paraît toutefois devoir être faible; il croit d'ailleurs qu'il ne faut pas s'exa-

gérer les avantages de la communication longitudinale, elle est très-peu pratique.

En Suisse, par exemple, la communication entre les voitures est actuellement interdite au public et réservée exclusivement aux agents des trains. D'ailleurs, dans le choix à faire d'un type de voiture, il faut faire une large place aux habitudes des populations et aux usages locaux; dans certains pays on admet, en cas d'affluence, autant de monde dans les voitures qu'il peut y en entrer; en France, au contraire, l'administration ne tolérerait pas l'introduction d'un nombre de voyageurs supérieur à celui des places réglementaires.

M. Severac pense que le type de voitures qu'il est le plus intéressant d'améliorer est celui qui est destiné aux longs trajets; c'est pour ces conditions qu'on a besoin d'un peu de confortable. Il existe actuellement un type de ce genre en Autriche, type qui permet la circulation et présente des améliorations réelles. M. Severac ne voit pas la nécessité de faire des voitures à deux étages pour les longs parcours; ces voitures doivent être réservées pour les petits trajets des lignes de banlieue, où les conditions sont toutes différentes.

M. Périssé a voyagé récemment en Angleterre dans les voitures Pullman; ces voitures qui sont très-longues et reposent sur quatre essieux ont des compartiments séparés et un couloir longitudinal qui permet la circulation tout en respectant l'isolement. Ce type est très-confortable, mais le prix est très-élevé; de plus à de grandes vitesses on éprouve un balancement fatigant et même inquiétant; ces voitures, longues de 16 mètres, ont peu de résistance dans le sens de la longueur, et une collision amènerait leur écrasement complet suivi nécessairement de conséquences très-graves.

M. Vidard ne conteste pas le confortable des voitures Pullmann; il ne faut pas oublier seulement que ces voitures coûtent cent mille francs et pèsent 20 à 22 tonnes pour 40 voyageurs.

On a modifié ce type et on est arrivé aux voitures Mann qui circulent sur quelques lignes françaises; elle pèsent 14 tonnes, et coûtent 40 à 50 000 fr. pour 12 et 14 voyageurs. Il y a là un obstacle sérieux à leur emploi.

M. Rey signale le type des voitures du chemin de fer de Frévent à Gamaches, caractérisé par un couloir longitudinal sur un côté; ces voitures offrent une grande partie des avantages dont il a été question sans que ces avantages soient contre-balancés par l'exagération du poids et du prix. Une de ces voitures figurait à l'Exposition de Vienne en 1873.

M. le Président désire insister sur l'excellente disposition de ce type, qui est également en service au chemin de fer de la Seudre, et qui est dû à notre éminent collègue M. Desgrange; il se prête à merveille à une exploitation économique du genre de celle dont a parlé M. Dumont dans la dernière séance.

C'est à son avis la solution la plus économique en ce qu'en resserrant un peu les voyageurs, on arrive à obtenir le couloir longitudinal sans diminuer le nombre des places, et la plus certaine au point de vue de la sécurité, en

combinant la communication possible entre les compartiments avec l'isolement de ceux-ci, condition que M. Vidard a indiquée avec raison comme l'objectif à atteindre.

M. Maldant demande combien de places contiennent les voitures de M. Vidard. Cet élément est indispensable pour une comparaison rationnelle entre ce type et les autres.

M. Vidard indique que sa voiture de banlieue contient 80 places et la voiture à grands parcours 64.

Il considère certainement comme heureuse la disposition des voitures de M. Desgrange, mais cependant l'artifice qui consiste à réduire l'emplacement attribué à chaque place pour en conserver le nombre lui paraît sujet à objections. Répondant à une observation de M. Gaudry, il explique que la présence à l'étage supérieur de certaines installations destinées à assurer quelque confortable aux voyageurs n'entraîne pas l'élévation du centre de gravité du véhicule, parce que ces installations sont en elles-mêmes très-légères; la voiture à deux étages, étant surbaissée, a son centre de gravité sensiblement à la même hauteur que la voiture ordinaire à l'état vide; lorsqu'elle est chargée, le centre de gravité est de 40 à 50 centimètres plus élevé; il faut dire que les voitures à impériales circulent depuis 25 ans, et en très-grand nombre sur les lignes de la banlieue de Paris, et qu'il n'y a jamais eu de fait de renversement imputable à un défaut de stabilité; ce serait d'ailleurs une erreur grave de croire que ces voitures ne marchent qu'à de faibles vitesses; on peut citer l'exemple des trains parlementaires sur la ligne de Versailles qui atteignent, à certains moments, des vitesses absolues de 80 kilomètres à l'heure.

M. le Président, sans vouloir discuter le taux des vitesses réalisées d'après M. Vidard, taux qui est contesté par plusieurs membres, fait remarquer que sur les lignes dont il est question les courbes ont de très-grands rayons, et que d'ailleurs il s'agit de voitures à impériales ouvertes, dont les hauts sont relativement légers. En serait-il de même avec des courbes de petit rayon et des voitures du type présenté par M. Vidard? Les appréciations qui ont été fournies de part et d'autre lui paraissent donc avoir besoin d'être confirmées par l'expérience. Il citera toutefois un fait qui est à sa connaissance personnelle, c'est que sur la ligne de Barbezieux à Châteauneuf, où il y a des voitures à deux étages, les agents des gares ont la plus grande peine à faire monter les voyageurs à l'étage supérieur; les paysans ont pour ces places une répulsion difficile à surmonter. Est-ce là une crainte instinctive qu'inspire la vue d'une voiture trop élevée sur les rails; il n'y a peut-être là qu'une question de nouveauté dont l'habitude triomphera.

M. Marché pense que la stabilité de la voiture à deux étages est parfaitement suffisante, mais M. Vidard se proposant de l'introduire dans les trains express, on peut se demander si à de grandes vitesses il ne se produira pas des oscillations gênantes, surtout pour les voyageurs de l'étage supérieur qui se trouvent à une plus grande distance de l'axe d'oscillation de la voiture.

M. Vidard indique qu'en effet une de ses voitures a été essayée dans un train express entre Bruxelles et Malines, et soumise à des vitesses de 90 à 100 kilomètres à l'heure. Certes les oscillations sont considérables à ces vitesses, mais elles ne le sont pas sensiblement plus que celles des voitures ordinaires.

M. Rey ne pense pas que les oscillations transversales soient à redouter parce que les ressorts de suspension n'ont qu'une flexibilité restreinte. On ne doit pas en effet comparer la suspension de ces voitures à celle des voitures à voyageurs ordinaires, à cause de la charge plus considérable sur chaque essieu et de la nécessité de modérer la différence des hauteurs d'attelage; on rentrerait plutôt dans le cas des wagons à marchandises.

M. Fichet, à propos de la question de suspension qui vient d'être soulevée, signale l'inconvénient grave qu'il y a à exagérer la bande initiale des ressorts; on ramène alors la voiture au cas d'une voiture non suspendue et à de grandes vitesses, l'augmentation de l'effort de traction nécessaire peut être telle qu'une voiture vide offre plus de résistance qu'une voiture chargée dans des conditions normales.

Plusieurs membres contestent l'exactitude de cette assertion.

M. le Président clot la discussion, vu l'heure avancée.

MM. Brivet, Douau, Frézard, Marsau et Verdié fils ont été admis comme membres sociétaires, et MM. Du Sartel et Hurtu, comme membres associés.

Séance du 4 Février 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

Le procès-verbal de la séance du 21 janvier est adopté.

M. le Président. J'ai le regret d'annoncer à la Société le décès de M. Thomé de Gamond. Cette triste nouvelle ne m'est parvenue que ce soir; je suis très-peiné que la famille n'ait pas fait prévenir la Société pour qu'elle pût être représentée aux funérailles de M. Thomé de Gamond, qu'elle compte parmi ses membres les plus illustres, et je désire que le procès-verbal de la séance de ce soir porte la mention de nos regrets, et l'expression du sentiment profond de la perte que nous venons de faire. Une notice nécrologique sur la vie de M. Thomé de Gamond sera ultérieurement insérée au Bulletin.

M. Goschler indique que, par suite de circonstances indépendantes de sa volonté, il s'est trouvé dans l'impossibilité d'appeler plus tôt l'attention de la Société sur deux objets qui lui paraissent devoir l'intéresser.

En premier lieu et par ordre de date, il signale à la Société une brochure qui lui a été adressée par M. James Forrest, l'honorable secrétaire du Conseil de la Société des ingénieurs civils de Londres. Cette brochure, qui fait partie des publications de cette Société, contient en traduction des extraits de mémoires et publications périodiques parus à l'étranger, et résume pour les sociétaires les principales questions scientifiques ou techniques qui ont fait l'objet de communications aux sociétés savantes ou d'insertion dans les revues spéciales publiées dans les deux mondes.

M. Goschler dépose cette brochure sur le bureau; elle pourra être lue à notre bibliothèque et on reconnaîtra qu'elle peut avoir pour les ingénieurs éloignés des grands centres d'activité, ou ceux qui pour plusieurs raisons ne lisent pas les publications étrangères, un très-grand intérêt professionnel.

Il a semblé à M. Goschler que notre Société ne saurait trouver un meilleur modèle à suivre en vue de satisfaire aux désirs de nos collègues à qui leurs occupations ou leur position ne permettent pas de visiter souvent notre bibliothèque, très-riche en publications périodiques de tous pays, et qui trouveraient dans une publication analogue à celle-ci la trace de documents qu'ils pourraient consulter dès que l'existence leur en serait connue.

M. Goschler ajoute d'ailleurs que si notre Société entrait dans cette voie elle ne ferait que suivre l'exemple donné par l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale, qui publie dans son Bulletin mensuel une courte revue des principales publications scientifiques récemment parues.

Passant au second objet de cette communication, M. Goschler engage la Société à arrêter très-sérieusement son attention sur un fait important qui touche au développement des chemins de fer. M. Nordling, notre éminent collègue que l'Autriche nous a enlevé, et qu'elle vient de placer à la tête de l'administration des chemins de fer, a envoyé à la Société l'*Exposé des motifs* et le texte d'un projet de loi par lequel le gouvernement autrichien a proposé aux Chambres législatives la construction aux frais de l'État de plusieurs lignes de chemin de fer.

Parmi ces lignes qui comprennent un développement total de 530 kilomètres, l'administration autrichienne a proposé d'en construire quatre qui offrent une longueur totale de 194 kilomètres avec une largeur de voie de un mètre.

Les causes qui ont déterminé l'adoption de cette largeur sont d'ailleurs bien expliquées dans l'*Exposé des motifs*. Il existe dans l'Empire de nombreuses contrées où les conditions orographiques se prêtent difficilement à l'établissement des chemins de fer, entre autres la Styrie et la Carinthie d'une part, le nord-ouest de la Silésie d'autre part. Et cependant ces contrées, très-riches en gîtes minéraux de toute espèce, en établissements industriels, en population très-active, restaient jusqu'ici privées de moyens de transport économique. Des concessions accordées pour l'établissement

de chemins de fer à voie normale restaient sans application, par suite des difficultés financières que cet établissement rencontrait.

C'est alors que le gouvernement s'est décidé à faire étudier, avec les conditions d'une largeur réduite, plusieurs lignes qui sont destinées à être prolongées ultérieurement. Il est ressorti de cette étude que ces lignes construites avec la largeur d'un mètre et dont le produit sera très-faible, revenant à un prix peu élevé comparativement au coût de ces mêmes lignes établies sur la largeur normale, pourront couvrir plus facilement les intérêts du capital de premier établissement.

Ainsi les lignes à voie réduite, établies avec des pentes maxima de 25 millimètres et des rayons minima de 80 mètres, coûteront de 112000 à 150000 fr. par kilomètre, tandis que ces lignes à voie normale auraient coûté de 200000 à 225,000 francs par kilomètre.

M. Goschler pense que cet exemple donné par un grand pays comme l'Autriche doit être pris en sérieuse considération, et que la France pourrait, dans l'élaboration des projets de son réseau complémentaire, en faire son profit.

M. le Président fait remarquer que la première communication que vient de faire M. Goschler mérite votre intérêt; mais la réalisation de ses vœux est liée à une question de caisse qu'il sera bon d'étudier avec le trésorier. Toutefois, à priori, il lui semble que le résumé des écrits périodiques offerts à la Société, et que les absents ne peuvent consulter, pourrait être fait par quelques membres, et présenté sous forme de communications qui seraient lues à la Société et ajoutées aux procès-verbaux des séances. Il y aurait peut-être ainsi un moyen économique de donner suite à la proposition de M. Goschler. La question est à étudier.

En ce qui concerne la seconde communication que vient de vous faire M. Goschler, qui, à propos de chemins de fer à construire par l'État autrichien dans les contrées les plus difficiles de son territoire, tend à préconiser la voie réduite en citant pour exemple de sa valeur la préférence que le gouvernement autrichien a donnée à cette voie pour 194 kilomètres, M. Richard demande la permission de faire remarquer que dans les circonstances difficiles où ces 194 kilomètres sont à construire, puisqu'il faut adopter des pentes de $0^m,025$ et des courbes de 80 mètres de rayon, il lui semblerait difficile que l'on choisit autre chose que la voie étroite, et, comme il l'a dit, il vaut mieux avoir un petit chemin de fer que de ne pas en avoir du tout.

De plus, il fait encore remarquer que s'il faut dépenser 115 à 150000 fr. par kilomètre, pour un chemin de fer à voie de 1 mètre, ce qu'il trouve énorme, tandis qu'il ne faudrait en dépenser que 200000 pour un chemin à voie normale, il y aurait lieu, avant de se décider, de bien examiner les conséquences d'un choix qui pèsera éternellement sur les résultats de l'exploitation.

M. Goschler fait observer que, pour les quatre lignes en question, la diminution des dépenses de construction résultant du choix de la largeur réduite,

était de plus de 15 millions de francs, somme qui n'est à dédaigner dans aucun pays;

Que d'ailleurs les conséquences du choix de la largeur réduite ne doivent pas peser *éternellement* sur les résultats de l'exploitation; car de deux choses l'une : ou bien le trafic ne prendra point de développement, et sera à peine suffisant pour couvrir les frais réduits de premier établissement; ou bien le trafic deviendra assez important pour rémunérer une nouvelle dépense que nécessitera la transformation de la ligne en chemin à voie normale, et jusque-là on aura économisé les intérêts et l'amortissement de la partie des dépenses ajournées jusqu'à la transformation.

M. le Président fait observer que, comme la discussion sur la largeur de la voie dans les chemins de fer est toujours pendante devant la Société, et même inscrite à votre ordre du jour, et qu'il y a de très-bonnes choses à dire, sans parti pris, en faveur de l'une et l'autre voie qui se justifiera toujours suivant les circonstances, il réserve la discussion pour la communication spéciale qui doit nous être faite, et il donne la parole à M. Arson pour faire une communication sur le travail du bois.

M. Arson appelle l'attention de la Société sur l'intérêt que présente le traitement du bois dans les emplois industriels. Il fait remarquer que cette industrie, portée depuis longtemps à un haut degré de perfection par une corporation d'ouvriers très-habiles, les charpentiers, les ébénistes, les menuisiers, s'est maintenue dans son état primitif longtemps encore après que les corps d'état qui travaillent les métaux eurent introduit l'usage de ces moyens si parfaits et si puissants qui ont été substitués au travail direct par la main de l'homme. Mais qu'enfin, entraînée comme toutes autres dans le mouvement général du siècle, l'industrie qui travaille le bois a reçu l'application des moyens mécaniques qui lui ont permis de réaliser, comme toutes les autres, la perfection et l'économie.

Dans le travail de la grande charpente, le débitage des bois par les scies mécaniques et l'utilisation des déchets par des procédés qui avaient pour but les applications aux ouvrages de la menuiserie, constituent déjà des procédés perfectionnés. La menuiserie elle-même fait application d'outils qui réduisent beaucoup les mains-d'œuvre. L'ébénisterie, surtout dans le refend des bois en plaquage, a employé aussi le travail mécanique. Mais c'est assurément le charronnage qui a fait la plus large introduction des procédés qui substituent le travail des machines à celui de la main de l'homme. Dans cette industrie l'application des machines est aussi complète que possible, et de très-grands établissements établis par chacune des grandes administrations intéressées ont été successivement créés et sont arrivés à confectionner par des procédés mécaniques toutes les pièces des ouvrages qu'ils ont en vue de produire.

La confection des roues a particulièrement donné lieu à la production de machines-outils très-remarquables. Le moyeu, les rayons, les jantes, sont débités et façonnés mécaniquement. L'emmanchement de ces pièces entre

elles est produit par des engins qui ont une grande puissance et qui répartissent très-uniformément les pressions nécessaires.

Mais toutes ces opérations ne sont pas réalisées de la même manière dans tous les ateliers; les bois n'y sont pas partout traités par les mêmes procédés, dans le même ordre, ni avec la même hardiesse. Les moyeux, par exemple, ne sont pas partout ouverts au centre, d'une lumière correspondante à la place qu'occupera la boîte de roue, avant toute dessiccation. Or, toute question a une solution meilleure que les autres, et elle est des plus intéressantes à connaître. Il importe donc de la rechercher, de la faire apparaître et de la signaler aux industriels intéressés. C'est un des rôles intéressants que doit jouer la Société des ingénieurs civils.

Cette question du traitement des bois et de la confection mécanique du charronnage, fait justement partie des choses confiées aux soins de M. Arson, et justifie l'attention qu'il a dû lui consacrer.

Le traitement des bois en grume lui a paru la première question à examiner. Il a commencé des observations, et il se fait un devoir de les communiquer à la Société.

M. Arson exprime l'avis que les bois arrivant de la forêt, encore tout humides, doivent être débités et amenés le plus promptement possible, aux plus petites dimensions que commande l'emploi définitif et prévu.

Il justifie cette allégation par la présentation de plusieurs rondelles de bois de diverses essences, découpées perpendiculairement sur tout le diamètre d'arbres portant encore leur écorce, et exposées dans cet état à une *dessiccation* rapide, dans un lieu sec, à une température d'au moins vingt degrés.

Tous les bois ont éprouvé en quelques jours un retrait de 4 pour 100 dans le sens perpendiculaire aux fibres, mais tous ne se sont pas comportés de la même manière en subissant ce retrait. Les uns se sont uniformément retraités sans se fendre, ce sont : l'orme, l'ormeau, le frêne; les autres se sont déformés et fendus en tous sens, perdant ainsi une grande partie de leur valeur d'utilisation; ce sont : le peuplier, le tremble et le chêne.

Ce dernier bois paraît être le plus difficile à mettre à l'abri des conséquences d'une dessiccation trop rapide. Il est pourvu de veines, de parties dures, placées dans deux directions perpendiculaires entre elles, suivant des cylindres concentriques à l'axe du tronc, et suivant des plans passant par cet axe. Ces cloisons, constituées de parties dures, s'opposent à la rapide répartition de l'eau contenue à l'intérieur, et imposent un grand retard à la dessiccation.

C'est pour ce bois, assurément, que le prompt débitage et la réduction dans le plus grand nombre possible de petits morceaux est le plus utile.

Les observations sur l'ordre à suivre dans le débitage des bois avant leur dessiccation, ont fait apparaître l'intérêt que présente l'ouverture préalable des moyeux de roue. Sur le conseil donné par M. Arson, des moyeux ont été desséchés rapidement à l'étuve, les uns avaient reçu une ouverture au centre qui leur a permis de se retraiter sans se fendre, les autres ont été

conservés entiers et ils ont subi des altérations si considérables qu'aucun n'a pu être utilisé.

M. Arson présente à la Société plusieurs pièces de bois desséchées à l'étuve, c'est-à-dire amenées à un état qu'elles n'atteignent qu'après plusieurs années de dessiccation à l'air. Elles ne présentent pas de défaut dû au retrait rapide, et justifient les déductions tirées dans le sens du plus grand et du plus prompt débitage possible.

M. le Président constate que les rondelles qui se sont fendues sont celles qui ont été dépouillées de leur écorce, tandis que les autres ne se sont pas fendues.

M. Ermel cite la lenteur avec laquelle s'opère la dessiccation du chêne. Un tronçon de cet arbre débité et conservé pendant sept ans, perdait encore de son poids par la dessiccation; ce phénomène suit d'ailleurs une loi très-simple et très-intéressante à connaître, elle est proportionnelle à la surface de contact avec l'atmosphère.

M. Arson pense qu'on peut expliquer la production des fentes à la surface par la différence de retrait de la circonférence et du centre par suite de la différence dans la vitesse de la dessiccation.

M. Ermel constate qu'en pratique on débite les bois fraîchement abattus en aussi petits échantillons que possible, afin d'en faciliter la prompte et égale dessiccation.

Il croit que des rondelles minces peuvent se dessécher sans se fendre, à cause de leur faible épaisseur qui permet une dessiccation bien régulière.

M. le Président remercie M. Arson de cette communication, et exprime l'espoir qu'elle sera suivie d'autres, qui ne peuvent manquer d'être intéressantes.

M. Barrault a la parole pour une communication sur l'application pratique des nouvelles lois sur les marques de fabrique en Allemagne et en Angleterre. Il s'exprime ainsi :

Les Français pèchent par trop de confiance en la loyauté des autres, et se figurent que toute propriété respectable doit être naturellement respectée, de telle sorte qu'ils oublient trop fréquemment de prendre les précautions qui sont indispensables pour assurer leurs droits.

Respectant généralement les marques d'autrui, ils se figurent que les autres nations agissent de même à leur égard; il n'en est point ainsi.

Ce n'est pas qu'il n'existe en France comme ailleurs des contrefacteurs, mais ils se dissimulent, se cachent et, en tous cas, agissent isolément et constituent l'exception à la règle; exception regrettable mais qui est blâmée par tout le monde.

En Allemagne il n'en est point ainsi, les contrefacteurs sont respectés, honorés et constituent de puissantes sociétés dont le siége se trouve à Cologne et à Mayence, et dont l'action n'est qu'en partie réprimée par la loi nouvelle qui vient d'être promulguée pour tout l'empire allemand.

Jusqu'à ce jour les commerçants et manufacturiers français ont passé par quatre phases très-caractérisées qu'il est important d'indiquer.

1° *Le* régime autoritaire sous lequel la marque était un certificat de garantie donné par l'autorité publique, touchant la qualité des produits, son origine, son poids, etc. Ce régime dura jusqu'à la loi du 7 mars 1791, où fut proclamée l'abolition des corporations, maîtrises et jurandes, pour établir la liberté entière du commerce et de l'industrie.

2° Depuis 1791, jusqu'à la loi du 23 juin 1857, la marque resta facultative en *général*, ce qui permit le libre développement à l'intérieur de l'industrie et du commerce et prépara les éléments nécessaires pour entreprendre avec quelque succès le grand commerce d'exportation et les rapports avec les autres pays.

Seuls les objets d'or et d'argent, cartes à jouer et savons, tissus et tricots avaient été soumis à la marque obligatoire.

3° A partir de 1857, jusqu'à la promulgation de la loi allemande de 1874, les divers pays commerçants de l'Europe et les États-Unis s'occupent à leur tour de faire des lois protectrices des marques, et la France contracte avec les divers pays de nombreux traités de commerce destinés à régulariser nos rapports avec l'étranger et à protéger les marques de notre commerce et de notre industrie.

Les pays qui firent des lois étaient l'Autriche, l'Angleterre, les États-Unis, et d'après nous, elles inaugurèrent le régime des dépôts nécessaires. Des traités furent conclus avec l'Angleterre, l'Allemagne, la Suisse, l'Autriche, la *Belgique*, *l'Italie*, les États-Unis, la Russie, le Portugal, la Suède et la Norwége.

La quatrième époque est toute récente, elle date de la loi allemande du 30 novembre 1874, et nous allons examiner la situation avec quelques *développements* à cause de son importance.

La loi allemande constitue un progrès réel sur le précédent état de choses, car, avant elle, on contrefaisait tout. Aujourd'hui on ne peut plus contrefaire que les marques non déposées. J'ai dit que cette contrefaçon était puissamment organisée, en effet, elle faisait imprimer ses étiquettes et marques en France afin que l'illusion fût plus facile, et pour donner un certificat d'origine français, elle faisait passer les produits en France afin qu'ils pussent partir d'un port français.

De cette manière les Allemands écoulaient, sous le couvert des bonnes marques françaises, des produits défectueux qu'ils vendaient meilleur marché que les produits similaires, s'assurant ainsi la vente dans les pays étrangers jusqu'au moment où la défectuosité même des produits arrêtait l'écoulement en dépréciant les produits français, auxquels ils substituaient alors des produits mieux faits, avec une marque allemande.

Ils réalisaient ainsi leur bien d'abord, et puis le mal d'autrui : tout était bénéfice.

On doit comprendre qu'il sera difficile au commerce allemand de renoncer

à ces habitudes, il faut donc s'attendre à voir la loi nouvelle exploitée et tournée dans le sens le plus défavorable aux intérêts français.

En effet, par une note publiée dans le *Temps* du 15 septembre dernier, l'*Union des fabricants* faisait savoir que si les dépôts de marque n'étaient pas faits en temps utile, les Allemands pourraient opérer eux-mêmes le dépôt des marques de fabrique française et saisir comme *contrefaçon* les produits français revêtus de la marque originaire du véritable possesseur.

J'avais pensé d'abord que l'interprétation administrative était erronée, et que d'ailleurs la nécessité modifierait ce point de vue, je croyais que l'Allemagne ne pourrait pas mettre à exécution un tel système de vol légal.

En effet, un commerçant allemand, ayant déposé une marque française ou anglaise, pouvait saisir le produit portant la marque du véritable fabricant anglais ou français.

Mais les renseignements que j'ai pris à diverses sources ne permettent pas de conserver un tel espoir. Les doctrines économiques de l'Allemagne sont fort différentes de celles qui règnent dans tous les pays industriels et commerçants de l'Europe et des États-Unis; les Allemands se figurent encore qu'un pays s'enrichit d'autant plus qu'il favorise ses nationaux au détriment des étrangers, et que les principes de justice que l'on doit appliquer entre concitoyens ne doivent pas être étendus à ceux qui ne sont pas Allemands.

C'est de ce point de vue qu'ils sont partis pour donner à la loi des marques ce caractère spoliateur qui la caractérise, puisqu'elle établit que le dépôt est *constitutif* de la propriété, tandis que, dans les lois semblables des autres pays, le dépôt n'est jamais que *déclaratif* de propriété. Je reviendrai plus loin sur les conséquences de cette manière de voir.

Il est évident que l'avenir et la pratique révèleront aux Allemands les conséquences déplorables de leur loi, mais pour plusieurs années au moins, les étrangers qui auront omis de faire le dépôt de leur marque, ou qui ne l'auront pas fait en temps utile, se trouveront soumis à cette iniquité de voir leurs contrefacteurs saisir leurs produits et les faire confisquer, parce qu'ils auront eu soin de faire eux-mêmes un dépôt injuste, mais légalement valable.

Déjà, dans un autre travail, j'ai montré combien était dérisoire la prétendue protection légale que les Allemands promettent aux inventeurs étrangers par leur loi sur les brevets d'invention.

Aujourd'hui je tiens à préciser de même combien est pénible la protection promise aux industriels, manufacturiers et négociants, qui déposeront leurs marques, conformément à la loi du 30 novembre 1874 de l'empire allemand.

L'article 1er de la loi, en autorisant seulement les commerçants, dont la raison commerciale est inscrite au registre du commerce dans leur arrondissement en vertu des articles 12 et suivants du Code général du commerce allemand, exclut par ce fait seul tous les producteurs, les propriétaires fonciers ou vignerons qui vendent directement leurs produits sans être commerçants.

Les étrangers ayant un établissement en Allemagne sont assimilés aux nationaux.

Les étrangers qui n'ont pas d'établissement en Allemagne ne peuvent déposer que si leur pays admet, par loi ou traité, la réciprocité de dépôt des marques, ce qui est le cas de la France, et aussi, s'ils ont déjà déposé leur marque dans leur pays d'origine.

Les marques qui sont protégées comprennent les noms et les raisons commerciales aussi bien que les marques emblématiques; mais les dispositions de la loi ne s'appliquent pas également aux uns et aux autres:

Des dénominations ou désignations, même de fantaisie, données à des établissements ou à des produits ne peuvent constituer pour l'avenir une marque de fabrique, pas plus que les chiffres ou lettres employées; c'est ce qui résulte des articles 3 et 5 de la loi, même l'article 5 prescrirait la radiation d'office dans le cas où, par erreur, on aurait enregistré une marque de ce genre.

En ce qui concerne les marques anciennes, enregistrées avant le 1er octobre 1876, toutes les marques pouvaient être enregistrées.

Disons toutefois que si l'on joint un signe ou une figure à des lettres, mots ou dénominations, il y a constitution d'une marque valable, de cette manière on pourra déposer un nom, pourvu qu'il soit accompagné d'ornements ou vignettes.

Mais qui ne voit de suite que le même nom, accompagné d'une autre vignette, pourra être impunément employé? L'article 3 interdit aussi l'emploi des blasons ou armes publiques, images ou emblèmes pouvant causer *du scandale*.

Dans l'application, l'Allemagne procède d'après un règlement d'administration publique, en date du 8 février 1875; la chancellerie a déterminé les frais de publication dans une note du 5 février 1875, un rescrit du ministère de la justice complète l'ensemble des documents relatifs à l'exécution de la loi.

Nous n'avons pas à nous occuper ici des Allemands et des étrangers résidant en Allemagne qui sont assimilés aux nationaux.

Pour les Français ou étrangers qui n'ont pas d'établissements en Allemagne, voici les conséquences de la loi :

S'ils n'ont pas déposé leurs marques anciennes avant le 1er octobre 1875, ou s'ils ne déposent pas leurs marques nouvelles avant l'introduction de leurs produits en Allemagne, ils perdent tout droit à réclamer ultérieurement une protection contre la contrefaçon.

Si, au contraire, ils ont déposé ou déposent en temps utile, voilà d'abord les conditions qu'ils doivent remplir :

1° Une procuration successivement légalisée pour Paris : par le commissaire de police, le préfet de police, le ministère des affaires étrangères et l'ambassade d'Allemagne. Pour la province, cette procuration doit être successivement légalisée : par le maire, le préfet ou le sous-préfet, le minis-

tère de l'intérieur, celui des affaires étrangères et l'ambassade d'Allemagne;

2° Un certificat de la marque de fabrique déposée en France, c'est-à-dire un fac-simile sur papier timbré de 0 fr. 60, reproduisant exactement le dépôt et délivré par le greffier du tribunal de commerce de la localité où la marque a été déposée, puis certifié par le conservateur des arts et métiers (art. 20);

3° Quatre exemplaires de la marque réduite à 3 centimètres carrés, dont un exemplaire est retourné au déposant pour établir et constituer son droit (art. 2 et règlement);

4° Le cliché de cette réduction (art. 6 et règlement);

5° Une note sur papier libre, non signée, portant que la marque est réduite ou non; qu'elle est déposée légalement et qu'elle s'applique sur telle ou telle marchandise, de telle ou telle façon (règlement);

6° Un extrait du rôle des contributions directes, signé lisiblement par le percepteur et timbré à l'extraordinaire à 0 fr. 60; cet extrait devra être légalisé de la même manière que la procuration;

7° Une somme de 50 marcs (62 fr. 50) pour le dépôt (art. 7);

8° Une somme de 6 marcs (7 fr. 50) pour la publication du dépôt, non compris les frais de gravure qui sont à part, pour la publication officielle qui doit être faite dans le journal *le Moniteur prussien* (art. 6);

9° Une déclaration portant que la personne qui fait le dépôt accepte la juridiction du tribunal de commerce de Leipsig pour toutes les plaintes relatives à l'exécution de la loi sur les marques (art. 20).

Il faut ajouter que toutes les pièces doivent être traduites en allemand par un interprète juré.

Supposons que toutes ces minutieuses formalités soient accomplies, l'heureux possesseur de la marque allemande a droit à *dix ans* de privilége, renouvelables indéfiniment en faisant les déclarations nécessaires.

Mais il faut bien faire attention de ne pas laisser sans renouvellement la marque déposée au lieu d'origine, car l'existence de la marque allemande est entièrement liée à celle de la marque déclarée; si celle-ci tombe, la marque allemande tombe aussitôt, et rien n'a été prévu pour le cas où l'on voudrait la relever de cette déchéance.

On a le droit d'être inquiet sur ce qui peut arriver dans ce cas.

Il faut également ne pas oublier d'opérer le renouvellement de la marque en temps utile.

Mais ce n'est pas tout, l'article 5 prévoit deux autres cas *d'extinction* de la marque auxquels les Français sont peu habitués.

Si la raison sociale change ou subit une modification, il faut de suite faire connaître ce changement ou cette modification à Leipsig, sans quoi tout est perdu.

En somme, c'est l'établissement d'un système de protection qui ne couvre

que ceux qui incessamment veillent à se protéger eux-mêmes, bien différent en cela du régime paternel qui régit les marques en France, et du régime sévère mais juste qui vient d'être adopté en Angleterre.

Angleterre. — En effet, les Anglais ont dû penser à se défendre, car ce sont eux qui sont les plus lésés par la loi allemande; par suite de renseignements insuffisants, ou pour je ne sais quelle cause, ils ont attendu les derniers jours pour se protéger, et fort peu de leurs marques sont déposées en temps utile.

Leur loi date de 1875 et leur règlement de janvier 1876; la loi est très-courte, son principe tient le milieu entre le système déclaratif et le système constitutif de propriété; en effet, le dépôt est déclaratif de la propriété, puisque pendant cinq années on peut faire opposition à ce dépôt, mais au bout de ce temps la propriété de la marque est définitivement acquise au déposant.

Le règlement qui détermine les conditions d'application de la loi est très-long. J'en citerai comme points principaux une disposition caractéristique : toutes les marchandises et produits sont divisés en cinquante classes, dont le détail est très-étudié, et la taxe de dépôt est variable suivant que l'on réclame l'emploi de la marque pour des produits d'une seule classe ou pour des articles de plusieurs classes.

M. Barrault entre dans des détails très-complets sur les principes comparés des lois françaises, anglaises et allemandes, et sur l'application de la loi anglaise. Il termine ainsi :

On voit que ce règlement est l'objet d'une étude minutieuse et soignée fort intéressante à consulter.

Nous avons cru important de signaler cette direction de l'esprit des nations dans un sens où la France les a toutes précédées, celui de la protection du nom et de la marque commerciale; on peut trouver dans ces lois un auxiliaire puissant ou un obstacle très-grave pour le développement de notre commerce d'exportation et de notre industrie.

M. Gaudry manifeste le contentement qu'il a ressenti en entendant M. Barrault affirmer que le commerce français est d'une honorabilité plus grande que celle du commerce de plusieurs autres nations, bien qu'elle soit contestée quelquefois par ces dernières.

M. Hallopeau appelle l'attention sur une Société qui s'est constituée pour défendre les intérêts des commerçants à l'étranger et faire respecter les marques de fabrique.

M. Barrault rappelle qu'il a parlé de cette Société à laquelle il doit d'ailleurs beaucoup de remerciements pour l'obligeance avec laquelle elle lui a fourni tous les renseignements qu'il a demandés au sujet de l'application de la nouvelle loi allemande.

Séance du 18 Février 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 4 février est adopté.

M. le Président communique à la Société la lettre suivante qui lui a été adressée par M. J. Morandière :

Monsieur le Président,

Tous les visiteurs de l'Exposition agricole ont pu remarquer un échantillon de petit chemin de fer pour transports dans les champs, carrières, usines, etc.

Ce spécimen est construit entièrement en fer, par M. Decauville, à Petit-Bourg (près Corbeil), et j'ai l'honneur de joindre à cette lettre une notice qui donne la description de ce système.

Le rail pèse 4 kil. 1/2 le mètre, et peut porter des wagonnets chargés de 400 à 500 kilogrammes. La voie coûte 4 fr. 75 c. le mètre. Un châssis de wagon porteur, disposé pour recevoir des civières, des caisses, etc.... coûte 30 francs.

Veuillez agréer, etc., etc.

M. Caillaux fait part à la Société de la découverte récente de minerais d'étain en Toscane, découverte qui vient de lui être communiquée par M. l'ingénieur Charlon, et il expose ce qui suit :

La valeur et surtout la rareté en Europe des minerais d'étain rendent intéressants pour l'art des mines tous les gisements de cette nature, et c'est ce qui nous engage à appeler pour quelques instants l'attention de la Société sur la découverte qui vient d'être faite d'un filon de *cassiterite*, ou bioxyde d'étain, près de Campiglia en Toscane.

La cassiterite a été trouvée à deux kilomètres environ au S.-O. de la ville de *Campiglia Marittima,* au lieu dit les *Cento Camerelle*, sur le versant occidental du *Fumacchio* qui est lui-même un des derniers contreforts vers l'ouest de la chaîne de *Monte Calvi*, célèbre déjà par les nombreux gîtes de cuivre, plomb et fer qu'elle renferme.

Les *Cento Camerelle* consistaient en une série d'excavations attribuées aux Étrusques, creusées à peu près horizontalement dans le flanc de la montagne, et dont les parois, recouvertes d'une épaisse couche de calcaire con-

crétionné déposé par les eaux d'infiltration, attestaient l'abandon depuis une longue période de siècles. Elles ont à peu près disparu aujourd'hui à la suite de travaux entrepris en ce point, dans ces dernières années, pour y exploiter un gisement de minerai de fer qui paraît avoir été aussi l'objectif des anciens.

C'est en faisant quelques recherches sur les affleurements d'un filon d'hématite brune, à quelques mètres des *Cento Camerelle* proprement dites, que l'on vient de rencontrer la cassiterite.

Ce minerai se présente sous la forme d'une veine de 0m,25 d'épaisseur, formant salbande entre la limonite et le calcaire encaissant. Ce calcaire, d'après tous les géologues qui ont étudié cette localité, appartient à la formation du lias. Nous appuyons sur ce point, car c'est, croyons-nous, la première fois que l'on trouve le minerai d'étain dans les terrains secondaires et sans relation directe avec le granit.

Le filon paraît avoir une direction à peu près E.-O., il est presque vertical; le minerai d'étain est compacte, de couleur gris jaunâtre, très-dense, à cassure granuleuse (poussière blanc grisâtre), et parsemé de petites géodes de carbonate de chaux. Son rendement en étain métallique a varié de 58 à 72 pour 100 suivant les échantillons.

Au point de vue de l'histoire de la métallurgie, cette découverte de l'étain au centre de l'ancienne Étrurie nous paraît avoir aussi quelque importance et être destinée à éclairer encore la question de la fabrication du bronze chez les Étrusques qui faisaient un usage si fréquent de cet alliage.

N'est-il pas, en effet, naturel de supposer qu'ils ont dû obtenir directement le bronze en fondant dans des proportions convenables ce minerai avec celui de cuivre de la mine voisine du *Temperino*, où se montrent les traces frappantes d'une vaste exploitation pendant l'antiquité.

M. le Président remercie M. Caillaux de sa communication, et fait ressortir l'intérêt tout particulier qui s'attache à cette découverte des minerais d'étain dans les terrains secondaires.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Mékarski sur l'emploi de l'air comprimé pour la locomotion.

M. le Président annonce que la séance d'aujourd'hui est honorée par la présence de plusieurs Membres de la Commission officielle chargée, par M. le Ministre des travaux publics, d'examiner les différentes solutions proposées pour la traction mécanique des tramways dans les villes. Il remercie au nom de la Société les Ingénieurs éminents qui ont bien voulu répondre à son invitation.

M. Mékarski donne lecture du travail suivant :

On a eu depuis longtemps l'idée et l'on a essayé à diverses reprises d'appliquer à la locomotion la force de ressort de l'air comprimé. On avait pour but de rendre ainsi possible, pour ce genre de service, l'emploi d'une force naturelle économique ou même celui de la vapeur, dans les cas où

des circonstances particulières ne permettent pas d'en faire usage directement.

Cette application n'a pas eu jusqu'ici le même succès que celle qui a été faite du même agent, pour les travaux souterrains, à des machines fixes, ou se déplaçant peu, et pouvant par conséquent rester en communication permanente avec l'appareil de compression. Elle soulève en effet des difficultés que l'on ne rencontre pas dans ce dernier cas, où l'air comprimé ne sert en quelque sorte qu'à transporter la force motrice à une grande distance, à la façon d'un câble télédynamique, tandis que, pour la locomotion, il doit servir à l'emmagasiner sur le véhicule dans un réservoir qui *se charge* aux appareils de compression et *se décharge* dans l'appareil moteur.

Le premier expérimentateur qui ait cherché à donner une solution pratique du problème est M. Andraud, qui, vers 1850, essaya sur le chemin de fer de Versailles, rive gauche, une locomotive à air comprimé. L'imperfection des moyens mis en œuvre, et notamment la pression relativement faible à laquelle l'air était employé, fit échouer cette tentative, bien que son auteur paraisse avoir bien compris la question.

Quelques années plus tard, M. Julienne ayant imaginé d'appliquer à la compression de l'air le principe de la presse hydraulique, ou, suivant l'expression en usage, inventé le *piston d'eau*, arriva par ce procédé à des pressions beaucoup plus élevées que celle à laquelle M. Andraud s'était arrêté, et en profita pour faire de nouveaux essais de locomotion avec une voiture mécanique chargée à 20 atmosphères.

Ces expériences n'aboutirent à aucune application pratique, ce qu'il faut attribuer moins encore à l'insuffisance des résultats obtenus, qu'à ce que le système, ne présentant aucun avantage ni pour les chemins de fer, ni pour les transports sur route de terre, ne pouvait pas attirer l'attention. Il n'en est plus de même aujourd'hui; l'extension qu'a prise à l'étranger d'abord, puis en France, dans ces dernières années, l'emploi des voies ferrées sur les routes ordinaires, à l'intérieur ou aux abords des villes, a ouvert à la locomotion par l'air comprimé un champ d'application qui semble lui convenir spécialement.

Les tramways, en effet, constituant un système intermédiaire entre les chemins de fer et les omnibus, comportent un mode de traction différent de celui des uns et des autres.

Excellente pour les transports à grande distance et par grandes masses, la locomotive à vapeur perdrait une grande partie de ses avantages si on voulait l'employer pour de petits parcours, avec de faibles charges. En outre, il serait bien difficile d'introduire dans la circulation ordinaire, des appareils présentant les inconvénients attachés à l'emploi de la vapeur, dégagement de vapeur et de fumée, projection de flammèches, bruit, dangers d'explosions, etc.

Le moteur du tramway doit d'ailleurs, au point de vue mécanique, réaliser certaines conditions que ni la machine à vapeur ni le cheval ne sont absolument aptes à remplir.

Je vais essayer de le faire voir.

Lorsqu'on substitue une voie ferrée, même très-défectueuse, à une chaussée pavée ou empierrée, on acquiert la faculté de tripler au moins à puissance égale la charge transportée, si la voie est horizontale.

Ainsi, un cheval qui traînerait 2000 kilogrammes sur une route ordinaire, pourrait en traîner 6000 sur un tramway; ceci est rigoureusement vrai en palier. Mais le caractère même du tramway étant d'épouser le relief du sol, le profil d'une voie de ce genre est souvent fort accidenté, et présente une succession de paliers, pentes et rampes d'inclinaison variable.

Dans tous ces cas particuliers, dont l'ensemble constitue la majeure partie du parcours, il n'est plus exact de dire que la substitution de la voie ferrée à la route permette de tripler la charge.

Examinons, par exemple, quelle influence exerce sur la traction une rampe de $0^m,020$, telle que celle de l'avenue de la Grande-Armée, en supposant que la résistance de la route soit de 30 kilogrammes par tonne, et celle du tramway de 10 kilogrammes par tonne. La résistance totale que doit vaincre le cheval d'omnibus est alors de :

Roulement.	30 kilog.
Gravité.	20 kilog.
Total..	50 kilog.

Pour le cheval de tramway elle est :

Roulement.	10 kilog.
Gravité.	20 kilog.
Total..	30 kilog.

La traction varie pour le premier, dans le rapport de 30 à 50, et pour le second dans celui de 10 à 30.

Si donc on suppose que tous les deux développent en palier la même puissance F en remorquant le premier une charge C et le second une charge $C' = 3\,C$, l'effort qu'ils devront respectivement produire sur la rampe sera de $\frac{5}{3}$ F pour le premier et 3F pour le second, c'est-à-dire que celui-ci travaillera presque deux fois autant que l'autre.

Or, l'inclinaison que nous venons de prendre pour exemple est loin d'être exceptionnelle sur les tramways, on en rencontre au contraire fréquemment de plus fortes; celles de 40 à 50 millimètres se présentent même quelquefois, comme on le voit sur la ligne de Courbevoie à Suresnes, où la rampe d'accès du quai de Puteaux au pont de Neuilly atteint 46 millimètres.

Une semblable rampe a pour effet de quintupler ou sextupler l'effet normal, et l'on conçoit quelles difficultés elle crée pour la traction.

Aux variations d'altitude s'ajoutent encore les résistances que présentent au passage des véhicules des courbes dont le rayon descend fréquemment à 20 ou 30 mètres.

Le moteur des tramways doit donc avoir pour qualité mécanique essen-

tielle une très-grande souplesse. Il ne lui suffit même pas de donner un coup de collier en développant à un moment donné un effort considérable, il faut qu'il puisse soutenir cet effort assez longtemps, car certaines pentes ont une grande longueur, 500 mètres, 1 000 mètres et plus; on ne pourrait surmonter l'obstacle qu'elles opposent par une accumulation de force vive, ou tout autre artifice de courte durée. Ce qu'il faut, c'est que le régime même du moteur puisse varier dans des limites très-étendues, de manière qu'il fournisse par seconde un travail variant du simple au quadruple, au quintuple et davantage.

Cette condition mécanique peut-elle être réalisée pratiquement par le cheval? On peut sans doute beaucoup exiger de lui, mais alors on le surmène, on l'use outre mesure. En général on préférera venir à son aide aux points difficiles au moyen de renforts dont l'emploi constituera une charge onéreuse.

La même condition peut-elle être mieux remplie par une petite locomotive à vapeur? Il faudrait évidemment pour cela que la production de vapeur pût instantanément varier comme le travail à produire, ce qui n'est pas très-facile. Si, d'ailleurs, la chaudière est calculée pour les besoins de la marche en palier, elle sera insuffisante en rampe; si elle est calculée pour ce dernier cas, elle prendra des proportions considérables inutiles pour le reste du parcours.

En outre de cette souplesse, qui est, on le voit, la qualité obligatoire du moteur pour tramway, il doit encore en réunir un certain nombre d'autres que l'on peut énumérer comme suit :

Ne déverser dans l'atmosphère ni fumée, ni flammèches, ni panache de vapeur;

Fonctionner avec peu ou pas de bruit;

Ne présenter aucun danger ni pour les voyageurs eux-mêmes ni pour les riverains;

Enfin permettre la réunion sur le même châssis de la voiture et du remorqueur pour à la fois causer moins d'encombrement sur la voie publique et posséder une grande adhérence nécessaire pour gravir les fortes rampes.

Toutes ces conditions nous ont paru être remplies par l'emploi de l'air comprimé comme force motrice au moyen de procédés nouveaux que nous allons exposer.

Nous nous sommes tout d'abord déterminé à emmagasiner l'air sur les machines à une pression assez élevée pour leur permettre d'accomplir un parcours suffisant sans qu'il fût nécessaire de donner au réservoir des dimensions exagérées. Nous nous sommes arrêté à 25 ou 30 atmosphères, pression qu'il n'a pas été difficile d'atteindre d'une manière tout à fait industrielle au moyen d'appareils de compression combinés pour agir successivement sur la même masse d'air.

Il est possible même que dans certains cas on doive la dépasser, et nous croyons qu'on y arrivera sans peine et sans grands inconvénients.

Le travail que peut fournir théoriquement la détente complète, c'est-à-

dire jusqu'à la pression atmosphérique, d'un mètre cube d'air à 25 atmosphères, si l'on fait en sorte que la température se maintienne constante, étant de. . . . . 834 706 kilogrammètres

Le travail résistant de la pression atmosphérique sur le piston moteur étant de. . 248 000 kilogrammètres on voit que, dans ces conditions, on disposerait d'un travail utilisable de. . . . . 583 700 kilogrammètres

Si, au contraire, on ne combat, par aucune restitution de chaleur, l'abaissement de température qui tend alors à se produire, la pression baisse beaucoup plus rapidement et le travail diminue très-notablement.

Pour le même volume à la même pression initiale, il n'est plus que de. . . . . 428 400 kilogrammètres et, en déduisant la résistance atmosphérique, de 313 200 kilogrammètres un peu plus de moitié de la valeur précédente.

En outre, le refroidissement peut avoir pour résultat d'arrêter la marche de la machine en déterminant dans les cylindres la congélation de l'eau entraînée avec l'air, et qui forme alors avec les huiles de graissage un mastic très-dur. On sait que cette circonstance a fait renoncer presque complétement, dans les machines à air, à l'emploi de la détente.

Ce phénomène, qu'on explique fort simplement aujourd'hui par la consommation de chaleur qui correspond à toute production de travail, fait voir qu'il n'est pas absolument exact de considérer l'air comprimé comme un ressort parfait susceptible de restituer intégralement l'action qu'on a exercée sur lui. Ce n'est, en réalité, qu'un corps placé dans des conditions dynamiques convenables pour développer un travail, mais ne pouvant le faire qu'en dépensant du calorique; lorsqu'on ne lui en fournit pas, il dépense celui qu'il possède en propre, et comme sa capacité calorifique est très-faible, ainsi que sa densité, l'effet qu'il peut ainsi produire est considérablement diminué.

On voit d'ailleurs que ce n'est pas avant la détente, mais au fur et à mesure de cette détente qu'il faut communiquer au fluide le calorique nécessaire, un réchauffement préalable ne pouvant avoir pour effet d'augmenter beaucoup la quantité de chaleur emmagasinée dans la masse.

On n'obtiendrait pas un meilleur résultat en chauffant d'une façon quelconque l'enveloppe dans laquelle agit le gaz, la mauvaise conductibilité de celui-ci et la rapidité obligée de l'action ne permettent pas de supposer qu'il puisse rester en équilibre de température avec cette enveloppe.

Le moyen qui nous a paru devoir être le plus efficace a été de combiner l'air comprimé, au moment de l'emploi avec une certaine proportion de vapeur d'eau dont la condensation au fur et à mesure de la détente restituerait au fluide la chaleur absorbée par le travail.

Ce procédé a en outre pour effet de rendre les joints mobiles de l'organisme moteur plus étanches, en les tenant garnis d'eau de condensation.

Il n'entraîne d'ailleurs pas la présence d'un foyer, ce qui ferait disparaître l'un des avantages de l'emploi de l'air comprimé, mais conduit sim-

plement à ajouter à l'approvisionnement d'air une assez petite quantité d'eau chaude fournie au départ par un générateur fixe. Cette eau est contenue dans un récipient que l'air traverse sous forme de bulles fines de manière à s'y saturer de vapeur.

La température de l'eau et la pression de l'air baissant en même temps pendant la marche, on conçoit que les choses puissent être réglées de telle sorte que la proportion relative des deux éléments du mélange qui est envoyé au cylindre ne varie pas d'une manière très-sensible.

Le fluide moteur est donc, dans ce système, de l'air comprimé saturé de vapeur d'eau à une haute température et dont la pression à chaque instant est celle des réservoirs d'approvisionnement, pression essentiellement décroissante.

Le travail à fournir varie d'une façon toute différente suivant les résistances accidentelles de la voie. Il faut non-seulement que la puissance développée ne diminue pas au fur et à mesure de la dépense, mais encore, comme nous l'avons fait voir, qu'elle puisse rapidement être augmentée ou réduite.

Pour arriver à ce résultat, il nous a paru nécessaire d'interposer entre les réservoirs et les cylindres moteurs un appareil maintenant automatiquement constante la pression à laquelle l'air est introduit dans les cylindres moteurs et permettant par une manœuvre simple de la faire arbitrairement varier suivant les besoins.

A cet effet nous avons placé à l'orifice de sortie de l'air un clapet dont le jeu est déterminé par celui d'un piston solidaire sur les deux faces duquel s'exercent deux actions qui doivent se faire équilibre, d'une part la pression à laquelle l'air s'écoule et qui tend à fermer le clapet, de l'autre action d'un ressort qui tend à l'ouvrir. La pression de débit se maintient ainsi égale à la tension du ressort dont elle suit les variations.

Pour rendre celles ci aussi rapides que possible, nous employons comme ressort une petite quantité d'air comprimé, confiné dans une chambre où l'on fait refluer de l'eau par l'action d'un piston plongeur manœuvré au moyen d'une vis, les choses étant disposées de façon qu'il suffit, en marche, d'un très-faible déplacement du piston pour augmenter ou diminuer la pression d'une quantité notable.

Ainsi notre système se compose de la combinaison de deux moyens tendant à permettre, l'un de bien utiliser l'approvisionnement de travail de l'appareil, l'autre d'en tirer à chaque instant la puissance dont on a besoin.

Par cette combinaison, les machines à air comprimé, qui sont évidemment celles dont l'introduction dans la circulation ordinaire est le moins susceptible d'y jeter quelque trouble, deviennent non-seulement capables d'effectuer un assez long parcours avec une quantité d'air limitée, mais encore de franchir tous les obstacles qui peuvent résulter des accidents du profil.

On peut ajouter que les dangers d'explosion contre lesquels il est impossible de se prémunir complétement avec la vapeur, ne sont pas à redouter

avec des machines où la pression va toujours en s'abaissant pendant la marche.

Je donnerai maintenant quelques détails sur la construction de la voiture automobile que nous avons fait établir sur ces principes avec le concours de quelques amis, et qui est depuis deux mois l'objet d'expériences suivies sur le tramway de l'avenue de Neuilly.

Cette voiture se compose d'une caisse de forme analogue à celle des voitures ordinaires employées par la Compagnie des Tramways-Nord, et d'un châssis auquel est suspendu un organisme moteur double, en tout point semblable à celui des locomotives à vapeur.

L'air comprimé est emmagasiné sous le châssis dans des réservoirs cylindriques en tôle d'un diamètre variable entre $0^m,30$ et $0^m,40$. Quelques-uns de ces récipients sont entièrement soudés : d'autres en fer ou en acier sont rivés. Par l'un et l'autre procédé on est arrivé à une étanchéité parfaite.

Les réservoirs communiquent ensemble au moyen de tubulures en cuivre rouge auxquelles, en raison des trépidations qui se produisent pendant la marche, on a donné une forme propre à leur conserver une certaine élasticité.

Ils sont divisés en deux séries : l'une d'une contenance totale de 1 500 litres constitue la *batterie principale*, l'autre de 500 litres constitue la réserve.

Le réservoir d'eau chaude ou bouillotte de forme cylindrique est posé verticalement à l'avant de la voiture sur la première plate-forme, sa contenance est d'environ 100 litres : il est rempli d'eau au départ sur les 3/4 de sa hauteur, la partie supérieure constituant une sorte de chambre de vapeur. L'appareil est surmonté par le régulateur de pression dont nous avons indiqué le principe et qui se compose de deux chambres en bronze superposées, séparées par un diaphragme en caoutchouc. La chambre inférieure qui communique avec les cylindres moteurs pendant la marche est traversée par l'air qui s'écoule du réchauffeur. La chambre supérieure contient le ressort d'air par l'action duquel est réglée la pression de débit.

La plate-forme d'avant est réservée exclusivement au mécanicien à la portée duquel sont groupés tous les organes sur lesquels il doit agir. La plate-forme d'arrière est destinée aux voyageurs debouts.

Il me resterait maintenant à rendre compte des expériences qui ont été faites de cette machine et auxquelles plusieurs membres des plus distingués de notre Société ont déjà bien voulu assister, mais il m'a paru préférable de joindre cet exposé des résultats obtenus comme utilisation de l'air comprimé à celui des moyens par lesquels la production peut en être rendue économique, question dont je me propose de faire l'objet d'une autre communication.

Les expériences se poursuivant d'ailleurs en ce moment même, je pense, Messieurs, que vous préférerez les voir par vous-même que de vous en fier à la relation que l'auteur intéressé pourrait vous en faire.

M. le Président remercie M. Mékarski de sa communication sur une des questions qui intéresse le plus vivement les ingénieurs en ce moment. La

8

discussion viendra plus utilement après l'impression de ce travail, pourtant si quelqu'un des membres présents avait des explications à demander, il lui donnerait la parole.

M. Hamers désirerait savoir quel serait le prix de revient de la traction opérée par ce moteur?

M. Mékarski répond que ce prix de revient dépendra évidemment du rendement des pompes de compression et des dispositions générales qui seront employées. Il ne peut pas en ce moment s'étendre sur ce sujet qui lui paraît devoir faire l'objet d'une communication spéciale, où il démontrera l'économie de son système, mais il résulte déjà des essais qui ont été faits jusqu'à présent, en petit et dans des conditions défavorables en ce qui concerne la bonne utilisation des machines, que le moteur à air comprimé peut soutenir la comparaison comme dépense de combustible avec les moteurs à vapeur qui pourraient être employés aux mêmes usages.

Ainsi notre appareil de compression se compose d'une petite locomobile, marchant à grande vitesse qui commande, par courroies et engrenages, une pompe à piston d'eau, dont l'allure est par conséquent très-lente et pour laquelle d'ailleurs il est facile de prévoir des perfectionnements importants. Cette installation, toute provisoire, comporte des résistances et des frottements considérables, qui n'existeront pas certainement dans une installation définitive.

Malgré ces conditions défavorables qu'il ne faut pas perdre de vue, la roduction d'un mètre cube d'air comprimé à 25 atmosphères n'exige pas une dépense de plus de 2 000 000 de kilogrammètres. On pourra améliorer le rendement des pompes et des machines, et diminuer ce chiffre; mais prenons-le tel qu'il nous est fourni par nos premières expériences.

Ce mètre cube d'air comprimé à 25 atmosphères, représente un approvisionnement de force de 583 000 kilogrammètres sur lesquels, grâce au réchauffement, nous utilisons réellement, dès à présent, 400 000 kilogrammètres.

En rapprochant ce dernier chiffre du travail effectué pour le produire, on voit que nous utilisons $\frac{400\,000}{2\,000\,000}$, soit $\frac{1}{5}$ du travail dépensé.

Or, avec de grandes machines à vapeur bien installées on ne brûlera pas plus de 1^{k},50 de charbon par cheval-vapeur et par heure. Donc pour 5 chevaux-vapeur, qui, ainsi que nous venons de le dire, et en tenant compte de toutes les pertes actuelles, seront au minimum transformés en un cheval-air-comprimé effectif transportant un poids à une certaine distance, on brûlera 7^{k},50 de houille, qui à 35 francs la tonne valent 0^{f},2625.

Pour développer le même travail, une petite locomotive pour tramway brûlerait au moins de 5 à 6 kilogrammes de coke à 57 francs la tonne, soit de 0^{f},285 à 0^{f},342.

On voit donc que le coût de la consommation de combustible n'est déjà pas aussi élevé que dans le cas de la traction par les locomotives à vapeur, qui sont aujourd'hui des engins très-perfectionnés, alors que notre système

de locomotion par l'air comprimé vient à peine d'entrer dans l'application pratique.

M. J. Morandière demande en dehors du prix général de traction quelle peut être l'importance d'une installation destinée à desservir une ligne de tramways telle que la ligne de Neuilly, par exemple.

M. Mékarski ne croit pas pouvoir répondre à cette question en ce moment. Cela dépend évidemment du service à faire et des conditions spéciales à ce service. Un chiffre quel qu'il soit qui serait formulé sur un tel sujet sans être appuyé de tous les éléments du programme à remplir ne pourrait qu'égarer la discussion.

M. Mayer fait observer que la locomotive à vapeur a été en quelque sorte accusée par M. Mékarski de manquer de souplesse, d'être peu économique, de ne pas pouvoir circuler dans les villes sans de grands inconvénients au point de vue de la fumée, du bruit et même des chances d'explosion. Il paraît utile sans entrer dans la discussion de faire quelques réserves sur ces différents points.

M. Mékarski est loin d'attaquer la locomotive à vapeur; il croit seulement que l'on préférera toujours pour la traction dans les villes un moteur ne présentant pas de danger d'explosion, ne lançant dans l'air ni fumée, ni eau chaude, ni escarbilles, ni panache de vapeur, n'incommodant pas les voyageurs par le bruit, la chaleur ou la mauvaise odeur.

M. le Président dit que des essais de traction par machine à vapeur et par machine à eau chaude ont eu lieu concurremment avec les essais par moteur à air comprimé; que la discussion restera ouverte, et que la Société verra se produire avec intérêt toutes les communications relatives à la comparaison de tous les systèmes. Il indique que les expériences de la voiture automobile à air comprimé se poursuivent tous les mercredis à quatre heures au départ du pont de Neuilly, et que M. Mékarski se fait un plaisir d'y inviter les membres de notre Société qui seraient désireux d'y assister.

M. Allaire donne communication de sa note sur le raffinage des corps gras.

Il rappelle d'abord qu'en outre des oléates, margarates et stéarates de glycérine composant le principe des huiles et corps gras, il s'y trouve toujours une proportion variable d'acides *oléiques*, *margariques et stéariques* libres.

Certains fabricants admettent, en outre, l'existence dans les huiles de mucilages.

Les divers traitements auxquels on soumet les huiles ont pour but, dans cette hypothèse, la séparation et l'élimination de ces matières étrangères. Presque tous ces traitements semblent avoir en même temps pour but, et sans qu'on puisse raisonnablement dire pourquoi, de donner aux huiles une couleur autre que leur couleur propre, en un mot de les blanchir.

Cette manière d'envisager la question est d'autant plus regrettable qu'on

ne peut obtenir ce résultat que par une oxydation énergique, qui détruit et détériore l'huile, comme on le verra plus loin.

Traitement par le chauffage. — En traitant par le chauffage certaines huiles, elles subissent, à un certain degré de température, une modification moléculaire très-intéressante; non-seulement l'huile blanchit, mais les savons que peut donner l'huile perdent leur couleur caractéristique, ce qui dénote un changement dans la composition chimique.

Traitement par l'acide. — Le proeédé le plus répandu et le plus ancien pour le traitement des huiles est celui à l'acide. Il consiste à former au sein de la masse un précipité qui la clarifie. Mais ce précipité est malheureusement formé aux dépens de l'huile, et résulte de la désoxydation partielle de l'huile.

La forme floconneuse que prend le précipité est sans doute la cause de cette croyance si répandue que les huiles contiennent des mucilages qu'il faut éliminer pour que l'huile soit épurée; rien de moins certain cependant, car sans entrer dans plus de détails, voici le résultat du traitement par l'acide sulfurique : *si l'huile contenait* 4 *p.* 100 *d'acides gras libres*, *elle en contient après* 8 *ou* 9 *p.* 100. Ceci est le résultat d'un grand nombre d'expériences personnelles; mais la théorie permet aisément de s'assurer que les choses doivent bien se passer ainsi.

D'ailleurs on expliquerait difficilement pourquoi ce traitement, reconnu mauvais et inusité pour les huiles à manger et à graisser, conserve pour les huiles à brûler une faveur que rien ne justifie.

Traitement par les alcalis caustiques. — On a eu quelquefois recours aux alcalis caustiques pour le traitement des huiles. Des essais ont été tentés dans cette voie, et il existe plusieurs usines en Angleterre qui se servent de ces agents pour l'épuration des huiles de coton.

Je vais indiquer les principaux inconvénients que présente dans la pratique l'emploi des alcalis caustiques.

Si on fait usage de lessives caustiques concentrées, elles agissent autant sur l'huile proprement dite pour saponifier l'acide oléique de l'oléine que sur les acides libres que l'on veut éliminer; en outre, on ne sait jamais si la proportion de lessive employée est suffisante pour saturer la totalité des acides libres; la crainte de dépasser ce point, et, par suite, de décomposer inutilement et en pure perte une portion de l'oléine, fait que l'on emploie toujours une dose fixe insuffisante pour éliminer tous les acides gras libres, et que par suite l'huile peut être améliorée, mais est loin d'être pure, c'est-à-dire raffinée.

Si on se sert de lessives caustiques faibles, il vient s'ajouter aux inconvénients ci-dessus un désagrément plus grand encore : on empâte toute la masse, et il se produit des savons hydratés plus solubles dans l'huile, que l'on ne peut ensuite arriver à éliminer que par des lavages énergiques. La filtration des huiles est difficile et un long repos est nécessaire.

M. Allaire a cherché un mode d'épuration plus efficace, et reposant sur des bases scientifiques et économiques mieux étudiées. L'agent auquel il a donné la préférence pour l'élimination des acides libres est le carbonate neutre de soude.

Le but qu'il s'agissait d'atteindre était de *neutraliser la totalité des acides libres, sans pour cela détruire aucune partie d'huile.*

Les carbonates pouvaient seuls remplir cette condition, et comme dans beaucoup de cas l'application de la chaleur peut être nuisible aux huiles, il fallait donner la préférence aux carbonates alcalins, qui seuls peuvent se combiner à froid aux acides gras; mais, en outre, afin d'éviter les lavages, il fallait obtenir au sein de la masse un précipité totalement insoluble; l'expérience m'a montré que les oléates sont d'autant moins solubles dans l'huile qu'ils contiennent moins d'eau, le problème revenait donc à obtenir une dissolution de carbonate neutre de soude aussi concentrée que possible. Or, la solubilité du carbonate de soude augmente jusqu'à 38°,5 environ et diminue ensuite jusqu'à 104°. En sorte que c'est à la température de 38°,5 que la dissolution saturée de carbonate de soude a le plus haut degré Beaumé (41° minimum). Mais même en se servant d'une dissolution saturée à cette température, la quantité d'eau disponible était encore trop grande, et bon nombre d'huiles traitées par cette dissolution se prenaient en gelée.

On sait de plus que les sels de potasse et de soude, cristallisant au sein d'une solution saturée à des températures variant de 0° à 100°, ne prennent pas le même nombre d'équivalents d'eau.

C'est ainsi que le carbonate neutre de soude qui se dépose à 100° d'une dissolution saturée ne contient que *un* équivalent d'eau, tandis que les cristaux qui se forment à la température ordinaire en contiennent *dix.*

D'autre part, si on maintient des cristaux à un ou plusieurs équivalents d'eau, dans un milieu humide à la température ordinaire, ils reprennent une certaine quantité d'eau, et reconstituent les cristaux du commerce à dix équivalents.

Ceci étant posé, M. Allaire fait précipiter à part à la température de 100° des cristaux monohydratés, et il ajoute ces cristaux à la dissolution de carbonate neutre de soude saturé à 38°,5 et dans la proportion de 1 à 10 environ. La dissolution étant saturée, ces cristaux restent en suspension, et c'est le mélange ainsi préparé qu'il verse en agitant dans l'huile à épurer.

La température de la matière grasse doit être de 20° environ quand il s'agit d'huile à brûler; de 38° environ pour les huiles à graisser, et de 70° pour les suifs et graisses.

La température de l'atelier ne doit guère s'écarter de 20° centigrades.

Voici ce qui se passe dans cette opération :

Le carbonate de soude dissous neutralise les acides gras libres pour former des oléates de soude, et les petits cristaux que tenait en suspension la lessive se trouvent englobés par l'oléate de soude formé; lorsque l'huile

revient à la température de l'atelier, c'est-à-dire 20° environ, ces cristaux reprennent le nombre d'équivalents d'eau nécessaire pour redevenir des cristaux à dix équivalents, ils enlèvent par suite à l'oléate de soude formé l'eau qui le rendait encore légèrement soluble ; le précipité étant totalement insoluble on a évité la prise des huiles en gelée.

M. Allaire explique la conduite de l'opération et comment il obtient d'abord l'huile du premier jet parfaitement claire, limpide et neutre, car le carbonate de soude étant sans action sur l'oléine, on a pu sans inconvénient ajouter un excès de lessive, et l'huile de deuxième jet en chauffant à 70° le dépôt du fond, ce qui produit la séparation des oléates ; et comment il traite ensuite le dépôt résultant de manière à ce que toute la masse se sépare en trois couches, en dessous de la lessive neutre, au milieu les savons, en dessus l'huile.

L'huile recueillie à la surface est chauffée à 80° environ avec une matière très-avide d'eau, du plâtre, par exemple, qui rend insolubles les oléates que l'huile avait dissous ; c'est l'huile du troisième jet.

Le gâteau d'oléate est mis dans une chaudière avec une certaine quantité de lessive caustique, afin de lui donner le degré de causticité demandé par le commerce, car c'est déjà un savon parfait.

Quant à l'excès de carbonate employé et dissous par l'eau, on le rend caustique avec de la chaux, et il sert à terminer le savon comme nous venons de le dire.

Ainsi se trouve résolue d'une façon rapide, simple et complète la séparation totale de l'huile neutre proprement dite ou oléine, des acides gras libres qui la souillaient, et cela presque sans qu'il en ait coûté, car la quantité de savon produite compense, pour presque toutes les huiles, la perte ou le déchet d'huile obtenu, ce qui est loin d'avoir lieu par les autres méthodes employées.

Supériorité des produits. — *Huile à brûler*. — Une huile à brûler traitée avec soin par cette méthode donne au bout de quinze heures une flamme aussi éclairante qu'au début, et la lampe ne s'encrasse pas.

Huiles à graisser. — Une huile à graisser procure une économie très-sensible :

1° Parce qu'on n'achète pas pour de l'huile à 140 francs, 10 ou 15 p. 100 d'acide oléique, ne valant que 70 francs ce qui produit une perte de 10f,50 par 100 kilog.

2° Parce qu'en supposant une huile contenant 15 pour 100 d'acides libres, et c'est la moyenne de ce que contiennent les huiles de graissage fournies à la consommation ; si on calcule la quantité de sous-oxyde de cuivre employé à neutraliser ces acides libres, et qu'on admette que le tiers de l'huile se perde et ne soit pas utilisé, on trouve que la perte en cuivre due à l'acidité de l'huile est encore de 7f,50 par 100 kilog. d'huile consommée.

Huiles à manger. — Au point de vue des huiles bon goût, nous croyons

devoir mentionner que les huiles convenablement raffinées, peuvent se conserver presque indéfiniment sans fermenter ni s'altérer.

Essai qualitatif des huiles. — Voici le moyen simple et rapide de reconnaître si une huile est pure.

On prend une dissolution par parties égales d'eau et de cristaux de soude du commerce. On met dans un tube ou dans une fiole parties égales de cette dissolution et de l'huile à essayer, on retourne cinq ou six fois le tube, l'huile si elle est pure doit se détacher en globules brillants; si, au contraire, il se forme un dépôt caillebotté et une sorte d'empâtage, c'est que l'huile contenait des acides libres.

Essai quantitatif. — Si l'on veut doser exactement la quantité d'acides libres, on prépare rapidement une dissolution de carbonate neutre de soude saturée au maximum, on fait la séparation comme nous l'avons indiqué précédemment, et on décompose l'oléate formé par l'acide chlorhydrique, on verse le tout dans un tube gradué, on lit le nombre de divisions occupées par les acides gras qui surnagent.

Cette méthode très-simple pourrait être également employée avec avantage pour doser la quantité d'acides gras contenus dans les savons du commerce, et fixer ainsi, d'après leur teneur, la valeur des produits commerciaux; la résine, les terres seraient rendues visibles.

On peut estimer ainsi rapidement et à 1/2 pour 100 près la quantité d'acides gras libres contenus dans une huile ce qui est généralement suffisant.

M. Allaire termine par quelques aperçus économiques au sujet des bénéfices qui résulteraient pour la fortune publique de l'emploi de son procédé.

Il estime qu'on trouverait dans les 300 millions de kilogrammes d'huile consommée annuellement en France au moins 30 millions de kilogrammes d'acide gras libre, correspondant à 40 millions de kilogrammes d'huile décomposés aujourd'hui pour la fabrication des savons, ce qui constitue une perte annuelle de 10 millions de kilogrammes d'huile ou bien de 8 à 10 millions de francs.

M. Bonneville doute qu'il soit possible que les corps gras contiennent une aussi grande quantité d'acide gras libre que celle de 10 ou 15 p. 100 indiquée par M. Allaire. Suivant la théorie admise aujourd'hui les huiles, grasses et les corps gras sont de véritables éthers qui ne pourraient contenir d'acide gras libre qu'après avoir fixé une certaine quantité d'eau et en même temps de la glycérine serait mise en liberté. Or, les corps gras, les huiles, ne se trouvant généralement pas à la sortie des pressoirs dans les conditions où ils peuvent fixer les éléments de l'eau, comment donc admettre que les acides gras puissent exister autrement qu'en très-petite portion.

D'autre part on a traité dans l'industrie, et M. Asselin, notre collègue spécialement, les corps gras par les alcalis caustiques, et le fait de la présence d'une forte proportion de ces acides libres n'a pas été mis en lumière

par ce mode de préparation, il peut donc paraître douteux que le carbonate de soude ait une action plus efficace.

M. Allaire assure qu'il n'a pas encore rencontré d'huile du commerce ne contenant pas une proportion importante d'acide libre. Si la proportion constatée par M. Asselin, dans ses traitements par la soude caustique, a été plus faible que celle indiquée par M. Allaire, c'est que, n'ayant pas employé suffisamment de lessive caustique, tous les acides libres n'avaient pas été isolés et que l'huile en contenait encore une proportion notable. Il fait l'expérience qu'il a indiquée dans son mémoire en mélangeant à deux huiles, dont l'une est parfaitement épurée et l'autre est une huile ordinaire, une solution de carbonate de soude, et il fait voir que la première ne se trouble pas, tandis que la seconde devient laiteuse dans le mélange, ce qui démontre que la première ne contient pas d'acide tandis que la seconde en renferme une certaine proportion. M. Allaire prétend qu'en traitant les corps gras par les alcalis caustiques on ne sait jamais exactement si l'on est arrivé au point voulu pour neutraliser les acides et il ajoute que dans la production des huiles, même de celles animales, plusieurs phénomènes peuvent intervenir pour la formation des acides gras.

M. Bonneville ne croit pas que ce fait puisse expliquer une proportion de plus de 1 ou 2 pour 100 d'acide libre. Il exprime d'ailleurs l'opinion qu'au point de vue du graissage dans l'industrie il est moins important de purger complétement les huiles des acides libres que de se préoccuper de dissoudre les vernis qui tendent à se former par suite de la propriété qu'ont toutes les huiles d'absorber l'oxygène de l'air et de se résinifier plus ou moins. Cette propriété siccative des huiles est développée par l'échauffement, l'usure des pièces, mêlés à l'huile des oxydes métalliques, etc. On tend à dissoudre ces vernis par l'emploi des hydro-carbures, huiles lourdes, etc.

M. Ermel indique le procédé suivant qu'il emploie pour essayer industriellement les huiles de graissage pour des machines délicates, sans s'inquiéter de leur composition. On laisse séjourner à l'air les huiles à éprouver sur des plaques de bronze poli. Celle qui verdit au bout de deux ou trois jours est mauvaise, et celle qui reste le plus longtemps sans changer ni attaquer le bronze est la meilleure.

M. Bonneville dit que ce procédé n'est que très-relatif. Il cite le cas des huiles d'olives.

M. Allaire répond à la question spéciale de graissage et dit que dans le procédé d'essai pratiqué par M. Ermel, les huiles débarrassés d'acide libre ne verdiront pas, tandis que les autres s'altéreront rapidement au contact du bronze.

D'autre part le mélange des hydro-carbures ne réussit pas aussi bien dans tous les cas et spécialement pour le graissage des grosses pièces de machine, il rend l'huile trop fluide. Il vaut mieux, suivant M. Allaire, extraire complétement les acides gras libres par le procédé qu'il indique et qui est d'une efficacité absolue.

M. Asselin revenant à l'observation de M. Bonneville croit qu'elle reste

entière et qu'il n'y a pas été répondu. Tout en reconnaissant l'intérêt que présente la communication de M. Allaire il en discute la base. Il faudrait démontrer d'abord que les huiles sortant du pressoir contiennent la proportion d'acides gras libres dont il est question. Il est d'avis qu'elles n'en renferment pas plus de 1 pour 100, car des acides ne pourraient exister, comme l'a dit M. Bonneville, que par suite de la fixation d'un certain nombre d'équivalents d'eau. Or au sortir du moulin les huiles ne présentent que des traces à peine sensibles d'eau, ainsi qu'il est facile de s'en assurer par l'emploi de réactifs très-puissants, la fuchsine par exemple. Ce n'est que par son exposition ultérieure à l'air et sous l'influence de ferments spéciaux que l'huile rancit, et qu'il peut se former les acides que M. Allaire y a trouvés. D'ailleurs la proportion de ces acides n'atteindrait pas le chiffre de 10 ou 15 pour 100 indiqué, et M. Asselin se demande par quel caractère ce chiffre a pu être reconnu et déterminé.

M. Allaire donne pour preuve de l'existence des acides libres dans les huiles ce fait, qu'on peut fabriquer du savon avec ces huiles sans alcalis caustiques.

M. Asselin dit qu'il ne faut pas confondre : il peut y avoir émulsion et non pas saponification. Ce dernier état ne peut se produire en effet que par la présence de la stéarine, et s'il y a production de savon c'est à la stéarine qu'elle est due. L'expérience indiquée par M. Ermel pour l'essai des huiles est bonne au point de vue commercial. Il est clair qu'on reconnaît ainsi celle qui fera le meilleur usage pour l'emploi spécial auquel on la destine, mais cette expérience ne prouve rien d'absolu au point de vue de l'épuration.

M. Allaire répète qu'une huile qui contient des acides libres fermente, tandis que celle qui en est privée ne fermente pas. Il compare cette action à ce qui se passe pour les mélasses dans l'industrie du sucre.

M. Asselin revient à son dire, qu'il faut démontrer d'abord que les huiles sortant du pressoir contiennent des acides libres et en quelle proportion. Alors seulement on pourra discuter utilement l'efficacité des carbonates alcalins, qu'il déclare absolument insuffisants.

M. Allaire pense que la question n'est pas de savoir si les huiles, au sortir du pressoir, contiennent 1 pour 100 d'acides gras libres ou davantage, attendu que ces huiles ne peuvent être employées aussitôt pressées ; que l'important c'est la quantité d'acides que contiennent les corps gras au moment où ils arrivent à la consommation. Si l'opinion de M. Asselin était exacte cela prouverait uniquement que les soi-disant modes d'épuration employés sont défectueux, puisque loin d'empêcher la formation d'acides libres, ils auraient augmenté leur proportion.

MM. Claparède, Delmas, Ghesquière, Gobert, Gonzalez, Jubert, Mantégazza, Pareto, Plocq, Puig et Salomon ont été reçus membres sociétaires.

MÉMOIRE

SUR LA

RICHESSE MINÉRALE

DE L'ESPAGNE

PAR M. PIQUET.

Près de dix-huit ans de résidence en Espagne, employés constamment à l'étude et à l'exploitation des mines, et de nombreux voyages dans toutes ses provinces, m'ont fourni les principaux matériaux de ce mémoire.

Mon but en le publiant est de faire connaître à tous la richesse minérale de ce pays et les développements dont elle est susceptible.

La richesse minérale est la conséquence immédiate de la constitution géologique du sol; son développement industriel dépend des conditions géographiques et climatologiques du pays, de la densité de sa population, de sa richesse, des voies de communication qu'elle possède, et de la législation spéciale qui régit l'exploitation et l'échange de ces richesses.

Je me propose pour le moment d'étudier la richesse minérale par province. Quand cette étude sera terminée, je publierai, comme complément indispensable, mes études sur les éléments dont dépend son développement.

Mon appréciation de la richesse minérale est basée, pour les temps passés, sur l'histoire et la tradition; pour les temps présents, elle résulte de ma propre connaissance des choses, et de l'étude spéciale que j'ai faite des travaux scientifiques anciens et modernes, et de la statistique.

Dans le cours de cet ouvrage j'aurai, d'ailleurs, le soin de toujours indiquer les sources où j'aurai puisé.

RICHESSE MINÉRALE DE LA PROVINCE DE MADRID.

Richesse minérale anciennement connue telle qu'elle résulte des Archives de Simancas.

Cette richesse se trouve répartie dans les localités suivantes :

Argent. — En 1417, à Bustarviejo, près de la rivière Lozoya, les commissaires du roi Jean II découvraient une mine d'argent.

En 1649, dans la même localité, on autorisait l'exploitation de mines d'or, argent et cuivre, savoir :

Argent. — Une d'argent sur le Cerro de la Plata (la montagne d'argent) déjà ancienne.

Cuivre. — Une de cuivre déjà ancienne sur le versant du Cerro de San Pedro, sur une colline appelée l'Escorial dans les terrains de la commune de Colmenar Viejo.

Métal indéterminé. — Une dans la commune de Guadalix, sur le versant du même San Pedro, de métal indéterminé.

Une autre dans la commune de Porquerizas, sur la cerrillo (monticule) de Porquerizas.

Cuivre, or et argent. — En 1666, une de cuivre, or et argent, dans la même localité, à l'endroit nommé Vallehermoso, cerro Peña de los Grajos, sur le Cerro de la Plata.

Cuivre, or et argent. — En 1684, une mine ancienne de métal indéterminé dans les collines, près de Miraflores, et dans les mêmes environs.

Argent. — En 1685, une mine d'argent dans le Cerro de la Plata.

Argent. — En 1686, une autre aussi d'argent, dans le même endroit.

Argent. — En 1687, une autre aussi d'argent, dans le même endroit.

Or et argent. — En 1610, à Buitrago, Sierra de Aceveda, une mine d'or et une d'argent, sur le versant qui donne à Aceveda.

Cristal de roche. — En 1660, à Montejo, territoire de Buitrago, une mine de cristal de roche.

Plomb et argent. — En 1568, à Cadalso, dans le Pago de Pedro Abad, une de plomb et argent et une autre des mêmes minerais dans la dezmeria du village de Cenicientos, dans le Pago de Franquillo.

Plomb et argent. — En 1572, une autre de plomb et argent dans les Vigos de Franquillo.

Plomb et argent. — En 1572, une de plomb et argent dans la Dehesa de las Bellotas ou de los Bueyes, et une autre dans la circonscription de Pedro Abad.

Argent. — En 1608, une d'argent dans la Sierra de l'Escorial.

Argent. — En 1609, une d'argent plus haut que l'Escorial, et une autre à une lieue de distance en circonférence du Pardo.

Or, argent ou autre métal. — En 1629, une mine d'or, argent ou autre métal dans la juridiction de l'Escorial, passé l'Albaradilla à la glissière (Desbarradero) qu'ils appelaient de la Cruz, en face le Palais. Une autre dans la Aceña, qui va par le chemin de Santa Maria de la Alameda, à main droite; une autre au-dessus de la Herreria del Berrueco, et une autre à la Escalerilla.

Plomb, etc. — En 1564, à Colmenar del Arroyo, une mine de plomb et autres métaux, à l'endroit appelé Navalmoral; une autre près de Robledo de Chavela, à l'endroit appelé la Fuente Abad.

Cuivre. — En 1588, une mine de cuivre ou autre métal, entre le ruisseau qui descend de los Hollanes, et celui qui descend des vignes de la Chapineria.

Plomb. — En 1621, une mine de plomb à une demi-lieue du village à peu près.

Cuivre et argent. — En 1517, une mine de cuivre (de bonne qualité) dans la Dehesa de Colmenar viejo dans le real de Manzanarès; et à côté de cette mine, une autre d'argent.

Argent. — En 1683, une mine d'argent entre Colmenar viejo et Chozas, sur une colline.

Argent. — En 1684, une d'argent sur une colline à une demi-lieue de Colmenar viejo, entre la Fuente de Valtraves et la maison Blanche del Pardo.

Cuivre. — En 1649, différentes mines de cuivre dans les communes de Colmenarejo, Gualapagar et le Pardillo, à savoir :

Deux à l'endroit appelé Cerro Pardo et Cuesta Blanca, en-dessus de la Osera ; le filon traversait ces collines et passait dans la partie haute par la Herren del Berrocal.

Au même endroit, il y avait aussi une mine ancienne, qui paraissait de cuivre, sur le versant du Cerro Pardo et de la Cuesta Blanca qui regarde le Pardillo.

Enfin, une autre mine ancienne dans la colline appelée Rosequillo.

Or, argent, etc. — En 1629, une mine d'or, argent et autres métaux dans la juridiction de Navalagamela.

Or, argent, etc. — En 1629, une mine d'or, argent et autres métaux, au Real de Manzanarès, dans la colline del Cabrou.

Cuivre. — En 1663, à Torrelodones, une mine de cuivre, près de la route qui va de ce village à Colmenar viejo.

Tels sont les renseignements que nous avons trouvés dans les archives de Simancas; ils indiquent bien clairement l'existence d'une richesse minérale positive qui a constamment éveillé l'attention du public depuis l'an 1417 jusqu'à nos jours, et qui, peut-être, à une époque antérieure, avait déjà donné lieu à une certaine exploitation.

En étudiant la richesse minérale actuellement connue, nous aurons occasion de nous occuper de plus d'une des mines que nous venons de citer et d'émettre quelques opinions sur leur avenir.

Richesse minérale actuellement connue.

a) Filons métalliques.

Comme notre but est de fournir des renseignements industriels, nous n'entrerons pas dans les détails de la formation géologique de la province de Madrid. — Nous nous bornerons à dire que le sol de cette province offre à nos yeux les formations suivantes :

Les granits et autres roches éruptives, le gneiss, le micaschiste, le terrain silurien, le terrain crétacé, le terrain tertiaire, le terrain quaternaire et les alluvions modernes et anciennes.

La carte ci-jointe représente les divisions de ces terrains, telles que les a tracées l'éminent géologue Cassiano de Prado, dans son beau travail sur la Province de Madrid.

Ceci posé, nous étudierons la richesse minérale actuellement connue de la province, en commençant par les substances métalliques.

Les filons métallifères occupent la partie nord-ouest de la province, celle qui est composée des terrains anciens; ceux qui sont dans le terrain silurien et les micaschistes ont une direction généralement N. variant du N.-N.-E. au N.-O.

Beaucoup de ces filons suivent la stratification du terrain, au moins en partie.

Ceux qui se trouvent dans le granit et le gneiss ont, une partie, la direction N., et le plus grand nombre la direction E.

Les filons de direction Nord ont généralement pour gangue le quartz, et ceux de direction E.-O. la baryte, un peu de spath fluor et quelquefois de la pyrite de fer.

Les filons N.-E. ont aussi la baryte. Dans tous, il y a du quartz.

Le filon de l'Escorial de galène argentifère, qui a la direction N. 32° E.; ceux de las Navas del Rey et de Colmenar del Arroyo, qui ont une direction N. 30° à 40° E., en sont des exemples.

Ces filons, en général, paraissent se rapporter aux systèmes connus à Hiendelaencina. Leur allure est ondulée comme ceux de ce district et leur direction à peu près la même, vu que à Hiendelaencina les directions sont de E. à O. et de N. à S., que les filons les plus riches ont généralement la direction E.-O. et que dans leur gangue la baryte domine.

Ainsi le filon de Santa Cecilia, dont les ondulations présentent parfois des angles de 24°, a une direction moyenne E. 20° N. et une inclinaison de 70 à 80° S.

Celui de la Congostrina a la direction E. 10° N. et l'inclinaison 65° N.

Celui de Malanoche a la direction E.-O. magnétique sensiblement et l'inclinaison 80° N., et tous trois appartiennent à la classe des filons riches, tandis que les autres filons de direction N.-S. sont généralement moins riches et leur gangue dominante est le quartz.

Voici, du reste, les renseignements que j'ai pu me procurer sur les mines actuellement connues :

Mines de galène argentifère de Gargantilla de Buitrago. — Celle qui, je crois, a donné lieu à plus de travaux a été celle de galène argentifère de Gargantilla de Buitrago. Elle est située à 500 mètres environ au S.-O. du village de Gargantilla, près du rio Lozoya. Dès 1843, elle fut exploitée par le marquis de Remisa; elle a passé depuis par de nombreuses vicissitudes.

Ces mines ont été reconnues par des ingénieurs de mérite, MM. Madrid, Davila, Ramon Pellico et Felipe Naranjo, qui avaient formé d'elles une opinion avantageuse. — L'un d'eux, M. Naranjo, les a dirigées de 1853 à 1856, et je tiens de lui que, quoique la richesse de ces mines paraisse avoir diminué en profondeur, il n'a pas été fait assez de travaux d'exploration pour qu'on puisse considérer cette diminution de richesse comme un fait constant et normal plutôt que comme un accident, comme il s'en présente continuellement dans les mines les plus riches. — Ce filon se trouve dans le gneiss, qui est fréquemment coupé par des éruptions granitiques. Sa gangue est le quartz fréquemment uni à la

baryte : sa direction est ondulée, mais suivant une ligne générale de direction E. 20° N. avec inclinaison de 70° à 80° S.; sa puissance varie de 0m,90 à 1m,20. Les substances métalliques qu'il contient sont la galène, le blende, les pyrites de cuivre et de fer et accidentellement des espèces argentifères décomposées. Son allure est assez irrégulière; il est filon de contact, et suit la stratification au lieu de la couper, sur une notable partie de sa longueur, qui est reconnue superficiellement sur plus de 2 500 mètres; souterrainement, il a été reconnu sur 70 mètres de profondeur et plus de 200 mètres en direction, en travaux répartis sur différents points. — Sa métallisation est variable; on en aura cependant une idée en disant qu'une galène de 1m,70 de hauteur et 126 mètres de longueur a produit 2000 quintaux espèces de minerai de 50 pour 100 de plomb et 2 onces d'argent au quintal, et que des travaux en gradins renversés ont produit plus de 20 000 quintaux espèces de minerai brut d'une teneur de 30 pour 100 de plomb et d'une once d'argent au quintal. Comme on le voit, le minerai sorti de la galerie représente une métallisation de 934 livres au mètre carré, ce qui est très-rémunérateur.

Sur ce filon, se trouvent les mines :

Deseada, Astrea, Arturo, San José, Mirla et San Antonio.

La mine Mirla, située hors de l'affleurement du filon au S. de San José, a recoupé le filon en avril 1856, à la profondeur de 71 vares (58m,64), le trouvant avec gangue, quartz et baryte, traversant le gneiss, et avec des galènes de 4 à 7 onces d'argent au quintal, ayant même rencontré des minerais de 43 pour 100 de plomb et de 15 onces d'argent au quintal.

Le mauvais sort de ces mines qui, à mon avis, sont loin d'être suffisamment reconnues, a tenu à la nature de leur minerai qui est blendeux, et que l'on ne savait alors ni traiter ni laver convenablement, et surtout à une mauvaise administration et à la crise financière de l'époque. Aujourd'hui, ses haldes sont, dit-on, exploitées par des mineurs de Hiendelaencina, mais les travaux des mines sont arrêtés ou à peu près.

Dans la commune de Gargantilla, on a dénoncé dix-huit mines de plomb argentifère, une de cuivre et une de pyrite arsenicale.

Mines de galène argentifère et de pyrite arsenicale argentifère de Bustarviejo. — Le filon de la mine Indiana, propriété de la Société La Madrileña (en 1862), près de Bustarviejo, a une direction moyenne de N. 50° O. à S. 13° E. et une inclinaison variable de 70° à 75° au N.-E. Il contient de la galène et de l'argent arsenical, et son minerai commercial a donné, en 1844, 30 pour 100 de plomb et 2 onces 60 d'argent au quintal; en 1852, 40 pour 100 de plomb et 4 onces d'argent au quintal.

Dans cette commune, de 1849 à 1859, on a dénoncé seulement deux mines de pyrite arsenicale argentifère; en 1867, on a exploité la mine Emilia, située sur le Cerro de la Plata. Son minerai est de la pyrite arsenicale argentifère, de 1 à 14 onces d'argent au quintal, terme moyen de 3 à 4 onces. — Elle est reconnue sur 80 mètres de profondeur et 20 mètres de puissance; son minerai se présente en amas et on le traite par amalgamation dans une fabrique d'essai faite à cet objet. — En 1867, elle a produit 53 kilogrammes d'argent, résultat du traitement de 250 quintaux métriques de minerai : c'est un rendement pratique en argent de 3 onces 39 au quintal espagnol.

Mine de galène argentifère de Cervera. — La mine La Soledad, située sur le versant méridional de Somosierra, près de Cervera, possède deux filons de quartz de 0,15 de puissance chaque, qui coupent les schistes siluriens. Leur minerai est une galène à grains fins brillants avec un peu de pyrite de fer et de cuivre. Il a donné les résultats suivants :

34 pour 100 plomb et 7,70 onces d'argent au quintal.
20 pour 100 — et 4 onces — —

Ce filon paraît ramifié et assez régulier.

Dans cette localité, de 1849 à 1859, on n'a dénoncé que trois mines de plomb.

Mine San Francisco, près Horcajuelo. — Enfin, en 1856, la mine de San Francisco, près Horcajuelo, donnait des minerais d'une richesse de 16 onces et au-delà d'argent au quintal, et des exemplaires d'argent rouge, d'argent corné et d'argent natif. On a d'ailleurs dénoncé dans les environs de cette localité quinze mines d'argent, une de fer et une de plomb.

Ces données, qui sont authentiques, contredisent singulièrement l'opinion de M. Cassiano de Prado sur les mines métalliques de la province de Madrid; car il en résulte que leur direction, leurs gangues et leur minerai, ainsi que les terrains dans lesquels ils se trouvent, offrent une grande analogie avec ceux des filons de Hiendelaencina, et que, par conséquent, ils sont dignes d'être sérieusement étudiés, leur insuccès ne pouvant être attribué qu'à un défaut de méthode et de constance dans leur exploration.

Nous compléterons ce que nous avons à dire des filons métalliques, en citant nominalement et alphabétiquement les localités qui en possèdent, et en donnant, quand nous le pourrons, les quelques renseignements que nous avons pu acquérir :

Acebeda. — Dans les environs de cette localité, ont été dénoncées ou rencontrées :

1 mines d'argent,
1 mine de fer,
1 mine de pyrite arsenicale.

Alameda delle Valle, 1 mine de plomb argentifère.
Boalo, 2 mines de cuivre.
Cadalso, 1 mine de plomb argentifère.
Cenicientos, 2 mines de plomb.
Collado Mediano, 1 mine de plomb.
Cabanillas, 1 mine de pyrite arsenicale.
Colmenar del Arroyo, 7 mines de plomb.

Colmenar viejo, 3 mines de cuivre. Les minerais sont des pyrites de cuivre avec de l'oxyde noir de cuivre accidentel, et les gangues, le spath fluor et le quartz.

Colmenarejo, 3 mines de cuivre (carbonates).
Galapagar, 1 mine de cuivre id.
Cuadron, 1 mine de cuivre id.

Dans les environs de la même localité, il y a aussi, près de Garganta et Lozoyuela, à une lieue de la grande route de France, de la blende (ou sulfure de zinc) qui se présente en rognons contenant 0,30 pour 100 de bismuth et 0,18 pour 100 de cadmium.

L'Escorial. — Dans la montagne qui fait face à la façade principale du Monastère, à environ 3 kilomètres de la ville, il y a du fer magnétique, et sur le chemin del Peguerimos, il y a du manganèse (bioxyde de manganèse ou pyrolusite).

Fresnedillas, 1 mine de pyrite arsenicale.
Garganta, 2 mines de cuivre et 1 mine de plomb (galène).
Guadalix, 1 mine de fer et 1 de cuivre.
Horcajo, 1 mine de pyrite arsenicale.
Lozoya, 1 mine de plomb.
Lozoyuela, 1 mine de plomb.
Maugiron, 1 mine de pyrite arsenicale.
Miraflores de la Sierra, 3 mines de pyrite arsenicale.
Montejo de la Sierra, 2 mines d'argent, 7 mines de fer, 1 mine de cuivre, 2 mines de pyrite arsenicale et d'antimoine dans le micaschiste.

El Molar. — Dans une des tranchées de la grande route neuve de Burgos, dans le terrain crétacé, on a trouvé du manganèse avec direction E. O.

Moralzarzal, 1 mine de cuivre.
Navacerrada, 1 mine de plomb et 3 mines de pyrite arsenicale.
Navalcarnero, 1 mine de pyrite arsenicale.

Navalagamela, et près de las Cabezas de Hierro, il y a du fer magnétique, mais peu puissant. Au sud-ouest de cette localité et à peu de distance, au Queijar, il y a de la pyrite de cuivre blendeuse, qui se présente sous forme d'une colonne en apparence isolée, et dont on n'a pas trouvé les ramifications dans les travaux faits sur le gîte.

Oteruelo del Valle, 1 mine de fer, 3 mines de plomb.

Pedrezuela, 6 mines de pyrite arsenicale.

Pinilla del Valle, 2 mines de fer, 2 mines de plomb.

Pradena del Rincon, 1 mine d'argent.

Redueña, 1 mine de plomb.

Robledillo de la Jara, 1 mine de fer, 2 mines de pyrite arsenicale et 1 mine de plomb.

Robledohondo. — Il y a du fer magnétique et du fer oligiste.

Robregordo, 1 mine de fer et 1 mine de plomb argentifère dans quelle on a trouvé de l'argent rouge.

Robledo de Chavela, 1 mine de plomb argentifère et 1 mine de cuivre.

San Agustin, 1 mine de pyrite arsenicale.

San Martin de Valdeiglesias, 1 mine de cuivre.

Torrelaguna, 3 mines de plomb, 1 mine de cuivre et une mine d'arsenic.

Tels sont, en résumé, les filons ou amas métalliques dont j'ai eu connaissance. — Espérons que ces données serviront de base à des études plus approfondies, et peut-être à des exploitations productives.

b) Substances non métalliques.

Nous étudierons les substances non métalliques en les divisant en trois grandes divisions, à savoir :

1° Richesse minérale en substances non métalliques des terrains du granit, du gneiss, des micaschistes et du terrain silurien.

2° Richesse minérale en substances non métalliques du terrain crétacé.

3° Richesse minérale en substances non métalliques du terrain tertiaire et du diluvium.

Nous traiterons à part les eaux minérales, les phosphates de chaux et les puits artésiens.

1° Richesse minérale en substances non métalliques des terrains du granit, du gneiss, des micaschistes et du terrain silurien. — Le sulfate de baryte, qui

sert à falsifier la céruse et donner du poids au papier, se rencontre en grande abondance entre l'Escorial et Guadarrama et à Colmenar del Arroyo.

Le granit kaolinique, qui, lavé, peut fournir du kaolin, se trouve près le pont de la Mamota, sur le Manzanarès, derrière le mur d'enceinte du Real Sitio del Pardo.

Kaolins. — Les kaolins en filon ou filons de pegmatite et halloisite, se trouvent dans les granites et les gneiss, dans les environs de Cercedilla, Galapagar et Valdemorillo.

Voici les données que nous avons sur ces mines, qui ont été reconnues par nous-mêmes :

Kaolins de Cercedilla. — Les mines se trouvent sur le versant ouest de la *vallée* dans laquelle prend naissance le Rio-Guadarrama, qui, dans cette première partie de son cours, prend le nom de *Ruisseau de la Venta*, qu'il garde jusqu'à sa jonction avec les torrents et ruisseaux qui descendent de l'Hoyo-Torrecillo, immense coupure verticale qui forme le versant méridional de la montagne de Siete Picos.

Toutes sont désignées par le nom de l'endroit où elles sont situées. Nous allons les passer rapidement en revue, ce sont :

La mine de l'Oyo-Cerezo. — Filon puissant de 6 à 12 mètres, de direction N. 8° E. environ, et d'inclinaison variable de 65° à 75° O., composé de pegmatite impure, quartz blanc et feldspath, des espèces labrador et orthose.

Le kaolin, qui n'est que le résultat de la décomposition de ces deux feldspath, se trouve généralement au contact du quartz blanc.

La mine de Majavilan. — Filon assez différent de celui de l'Oyo-Cerezo. Il affleure peu à la surface; sa direction est sensiblement N. 18° E., son inclinaison 65° O., sa puissance 5 à 6 mètres. Il se compose de quartz, feldspath labrador (qui conserve sa couleur bleuâtre), de stéatite (qui conserve sa couleur jaunâtre et sa structure feuilletée).

Comme toujours, le kaolin le plus pur est au contact du quartz le plus blanc; mais ici, par exception, l'argile blanche est toujours accompagnée d'argile de couleur vert-noir plus ou moins foncée, qui doit être le résultat d'une altération due au contact d'une roche verte à pâte magnésienne imprégnée de cristaux de diallage, qui est un terme moyen entre la serpentine et l'euphotide, et qui paraît couper ce filon kaolinique sous un angle assez aigu.

Cette roche magnésienne contient probablement du cuivre, car on trouve ce métal à l'état de pyrite et de carbonate dans certaines parties du filon de kaolin. Elle s'étend d'ailleurs au loin, traverse les granits,

et paraît s'arrêter aux gneiss qu'elle altère fortement ; sa direction et sa puissance, qui paraît considérable, sont difficiles à déterminer.

La mine de la Barranca. — Filon de même nature que celui de l'Oyo-Cerezo ; sa direction est sensiblement N. 44° E., son inclinaison variable de 32° à 50° O., et sa puissance, 20 à 25 mètres.

La mine la Vuelta de los Serradores. — Filon de direction sensiblement N. S. de composition analogue à celle du filon de l'Oyo-Cerezo, mais plus ferrugineux, au moins dans la partie reconnue.

La mine du Lecharon. — Son filon est reconnu et presque exploité sur 330 mètres de longueur et 20 mètres de profondeur, et il a été récemment recoupé par une galerie d'écoulement d'une longueur de 180 mètres, à la profondeur de 53 mètres, qui permet l'exploitation du filon au-dessous du niveau déjà exploité. Sa composition est analogue à celle de l'Oyo-Cerezo et la Barranca, mais plus régulier et de kaolin plus pur ; le filon est coupé entre les points San Ildefonso et San José, et près de ce dernier, par un filon de diorite de direction O. 42° S. qui produit un rejet d'environ 6 à 7 mètres et inutilise la terre (qu'il a salie) sur une longueur de près de 60 mètres.

Près de la mine de Lecharon, à 228 mètres plus haut, se trouve le filon de Poyalejos, filon puissant qui a les mêmes caractères extérieurs et la même composition que celui du Lecharon, mais qui est encore peu reconnu.

Tous ces filons affleurent sur des longueurs de plusieurs kilomètres, et présentent les alternatives de puissance et de richesse propres aux filons métalliques.

Les kaolins procèdent de la décomposition de feldspath orthose et labrador. Ils retiennent de la potasse quand ils sont peu faits, et alors sont assez fusibles ; et ils deviendraient, certes, beaucoup plus réfractaires si on la leur laissait perdre et qu'ils ne retinssent plus que de la chaux. A ce dernier état, leur composition est pour du kaolin sec :

Perte au feu	5.40	= 100.00
Silice	65.00	
Alumine	27.05	
Oxyde de fer	0.65	
Chaux	1.90	

Ces mines, alternativement travaillées et arrêtées, ont produit, depuis dix ans, environ 200 tonnes de kaolin par an. Leur richesse moyenne en kaolin argileux est de 130 à 140 kilogrammes par mètre carré de filon exploité ; elles sont la propriété de la fabrique de faïence fine de Ségovie, et servent à son alimentation. Cette Société travaille à déve-

lopper la production de ces mines, afin de les mettre à même de suffire à sa consommation.

Kaolins de Valdemorillo. — La fabrique de faïence, établie à Valdemorillo, exploite un des filons kaoliniques qui se trouvent à 5 kilomètres N. E. de cette ville, sur le bord de la rivière Aulencia. Ces filons sont au nombre de trois qui ont respectivement les directions suivantes :

N. S., N. 30° E., N. 55° E.

Celui qui est exploité l'est sur une longueur de 150 mètres et a une production de 65 mètres. Sa puissance moyenne en kaolin a été de 0,30 par mètre carré, terme moyen; mais elle a diminué en profondeur. La production moyenne annuelle est environ de 250 à 300 tonnes. Le filon exploité est identique à celui de Majavilan, près de Cercedilla.

Kaolins de Galapagar. — A peu près à égale distance de Galapagar et de Las Rozas, au bord du Guadarrama, au sud du Pantano de Guadarrama qui devait alimenter le canal de Cabarrus, et dans les gneiss se trouve un filon en tout analogue au filon de Majavilan de Cercedilla.

Sa direction est sensiblement N. 23° O. magnétique; son inclinaison 80° à 90° E. Il n'a été exploité que sur la rive droite du Guadarrama, et ses produits ont servi à alimenter l'ancienne fabrique de porcelaine de Moncloa. Ce filon puissant est aujourd'hui complétement abandonné après avoir été exploité de 1817 à 1850 et avoir produit de 5 à 6,000 tonnes de kaolin.

La fabrique de Valdemorillo en a retiré ces temps derniers quelques sables feldspathiques et du quartz blanc, en fouillant ses haldes.

Je crois que ce filon est loin d'être épuisé; seulement, il faudrait faire une dépense d'une certaine importance pour le reconnaître et le mettre en état d'être exploité de nouveau, surtout s'il est déjà exploité jusqu'au niveau du Guadarrama.

Feldspath et quartz. — De Galapagar à la mine de kaolin du Pantano de Guadarrama dont nous avons déjà parlé, j'ai rencontré différents filons de feldspath. Voici les plus importants :

Le premier est à 2 kilomètres de Galapagar sur la grande route. Sa direction est N. 19° E. magnétique; son inclinaison O. C'est du feldspath orthose, légèrement moucheté de fer. Il a été exploité ou, pour mieux dire, on a commencé à l'exploiter, pour le compte de la fabrique de faïence de Séville, de M. Pickmann.

Le deuxième est à un kilomètre plus loin. Il est identique au premier, mais contient un peu de quartz et de pegmatite. Il a été exploité par la fabrique de la Moncloa.

Le feldspath orthose qui contient jusqu'à 17 pour 100 de potasse est

considéré comme un bon élément pour l'amélioration des terres, et on l'a fait entrer dans la composition de certains engrais dits complets.

Or ces filons sont certainement nombreux et répartis dans tout le terrain granitique. Je n'ai cité que ceux-ci parce qu'ils m'étaient personnellement connus et avaient appelé mon attention d'une manière spéciale; mais beaucoup d'autres seraient probablement susceptibles d'exploitation.

Quant au quartz, il se présente en masses ou en filons, principalement dans le granit. Dans ce terrain, il se trouve presque partout. Il faut cependant citer comme filon de quartz, remarquable par les dimensions des pierres qu'on peut en retirer, celui connu sous le nom de *Canto del Guijo*, à l'endroit appelé *Almorcho*, à 2 kilomètres au S. O. de Valdemorillo.

C'est un quartz blanc, légèrement veiné d'oxyde de fer hydraté, dont fait usage la fabrique de Valdemorillo, soit pour mêler sa pâte, soit pour en faire des pierres qui lui servent à moudre ses sables et ses kaolins.

La fabrique de Valdemorillo a employé aussi, outre le quartz, les silex blancs du Cerro de Vallecas, près Madrid. Ces silex donnent de très-bons résultats. Le quartz se présente d'une façon remarquable uni au feldspath dans la grotte (cueva) de Cristal, située à l'est de Cabrera, près de las Atalayas. Ces deux substances se présentent à l'état cristallin et ces cristaux sont de telles dimensions que D. Cassiaux de Trado a pu en détacher des cristaux de quartz de 90 kilogrammes de poids et des cristaux de feldspath de plus de 0^{m},15 d'épaisseur.

Granit rose. — Ce granit est très-abondant, mais généralement en partie décomposé. Dans les environs de Cercedilla, sur l'ancienne route de Philippe II de l'Escorial à la Granja au pont du Descalso, j'en ai rencontré qui me paraît très-propre à fournir une belle pierre d'ornement. Sans aucun doute, il y en aura dans d'autres points qui pourront servir au même usage.

Granit porphyroïde. — Il est plus abondant que le premier et surtout plus conservé. Il y en a de très-beaux entre Torrelodones et Villalba, à Cercedilla et sur une foule d'autres points. — Il fournirait une fort belle pierre de construction.

Granit ordinaire, grains fins. — Celui-ci est la roche dominante, mais il ne se présente pas partout avec le même grain et la même dureté. — Les principales carrières, celles dont on a tiré les plus beaux blocs, sont celles qui se trouvent sur la route de Galapagar à Madrid, à environ 5 kilomètres de Galapagar, et qui ont fourni les colonnes du monument des Cortès et la base de la statue de Cervantes. Ces carrières sont au-

jourd'hui à peu près abandonnées par la concurrence que, grâce au chemin de fer, leur font les carrières de Torrelodones, Collado Mediano, Villalba et los Molinos. A Zarzalejo, il y a aussi une grande carrière, mais son granit est généralement d'une couleur moins agréable et d'un grain moins fin que celui des carrières déjà nommées.

Enfin, sur la ligne du chemin de fer du Nord, près de Torrelodones, il y aurait lieu d'établir de magnifiques carrières d'un granit très-beau et très-dur.

Granite. — C'est une espèce de granit de couleur rouille à grains très-fins. Cette roche se rencontre à Peñalara, Guadarrama, Torrelodones, etc., etc.; je l'ai reconnue et étudiée aux environs de Tercedilla, mais n'ai point eu occasion de la voir assez découverte pour juger si elle présentait des pierres de dimensions convenables pour la construction. A première vue, je crois qu'elle ne doit pas fournir des blocs de grandes dimensions.

Gneiss porphyroïde ou amygdaloïde. — Je l'ai trouvé très-beau avec amandes bleuâtres, pouvant fournir de très-belles pierres d'ornement susceptibles de poli, près de Cercedilla, sur la ligne de faîte qui unit Peñota au Montón de Trigo. J'en ai vu sur la ligne du chemin de fer du Nord, près du tunnel de Robledo, qui est d'un très-bel aspect; mais je n'ai point eu occasion d'essayer ses qualités comme pierre d'ornement. Ses amandes sont blanches et la pâte noirâtre, très-chargée de mica, ce qui la rendrait peut-être impropre à recevoir le poli.

Porphyre quartzifère granitoïde. — C'est un porphyre qui a l'aspect du granit. Cette roche, dit-on, a été polie et employée comme marbre dur au monastère de l'Escorial; elle se rencontre à une lieue au N. de Colmenar viejo, à Galapagar, etc., etc. Sa couleur varie du gris-bleu au rouge brique, cette dernière couleur étant rare. En petits fragments, elle est très-bonne pour le macadam des routes.

Porphyre micacé. — C'est une roche de couleur gris-vert très-résistante, qu'on trouve au sud de Robledo de Chavela, entre ce village et l'ermitage de Navahonda. Outre les applications que pourrait recevoir cette pierre dans la construction, elle est fort bonne pour le macadam des routes.

Micaschiste. — Il y en a dans lesquels le quartz offre un aspect de grès de couleur blanche avec du mica doré, et qui peut facilement se diviser en plaques. On en trouve aussi au gué de Paredes.

Calcaires du gneiss et Marbres. — Ce sont des calcaires métamorphiques

de grain plus ou moins fin. Leur couleur est le blanc et le plus souvent le blanc sale. Il est, en général, peu propre à la construction. On en trouve à Somosierra, Braojos, l'Escorial, Robledo de Chavela, la villa de Chavela, la villa del Prado, San Martin de Valdeiglesias, Santa Maria de la Alameda, la Hoya, el Puerto de la Cruz Verde et Malagon. Il y en a aussi entre Robledo et Las Navas. Dans ce dernier endroit, à la villa del Prado et à San Martin de Valdeiglesias, on en fait de la chaux qui est généralement un peu magnésienne.

Anthracite.—Près de l'Horcajo, grande route de Burgos, au kilomètre 87, il y a une couche d'anthracite argileux de mauvaise qualité, d'un mètre d'épaisseur. Cette couche affleure de nouveau dans les micaschistes, près du pont qui traverse la rivière de Acebeda.

On n'a pas fait de recherches sur cette couche. Il serait peu probable qu'elles donnassent de bons résultats; mais il eût été intéressant de savoir si, sur d'autres points, cette même couche ou d'autres se présentaient plus pures, et par conséquent utilisables.

2° Richesse minérale en substances non métalliques du terrain crétacé.— *Calcaire pour pierre de taille.* — Le meilleur est celui de Redueña, puis ceux de Valdemorillo, Cerceda, etc. Les travaux du canal d'Isabelle II sont tous faits avec les calcaires crétacés.

Craie Tuffeau phosphatée. — Cette craie, qui contient 1,48 pour 100 de phosphate de chaux, se rencontre près de Atalaya del Molar, dans la vallée du Lozaya.

Calcaires marneux, chaux hydrauliques. — Près de Valdemorillo, on trouve des calcaires argileux ou marneux, les uns durs, les autres tendres qui ont fourni d'assez bonnes chaux hydrauliques.

Voici leur composition :

Carbonate de chaux	56.50	= 100.00
Carbonate de magnésie	22.72	
Silice libre	6.00	
Argile	8.50	
Oxyde de fer	3.00	
Eau, perte	3.28	

Il est probable que sur d'autres points on en trouverait également.

Grès réfractaires. — Près de Atalaya del Vellon, il y a, dit-on, un grès gris qui sert de pierre à repasser, et conviendrait aux constructions métallurgiques en raison de sa grande résistance au feu.



Lignites crétacés. — Ils se trouvent sous l'aqueduc du canal d'Isabelle II, qui traverse le ruisseau de Sima, près de San Augustin. On les rencontre aussi près de Cabanillas, Guadalix, Chozas, Cerceda et Manzanarès; ils sont très-secs, peu puissants, et M. Cassiano de Prado les jugeait sans avenir.

3° Richesse minérale en substances non métalliques du terrain tertiaire. — *Pierre siliceuse.* — Cette pierre, très-bonne pour les fondations, à cause de son imperméabilité, se trouve près de Vicalvaro, Valvejas, aux Alcantueñas, près de Parla et dans le Cerro de los Angeles, près de Getafe. Dans les mêmes localités, on trouve aussi le silex, dit *pierre à fusil,* et le silex blanc, convenable pour la fabrication des faïences et produits réfractaires.

Sel marin ou sel commun. — On trouve des sources salées près de Villamanrique à Carcava, et près d'Espartinas. Les eaux de ces sources, outre le sel marin, contiennent du sulfate de soude.

De l'autre côté du Tage, déjà dans la province de Tolède, près de Villarubia, on trouve le sel gemme, ou sel en roche.

Sulfate de soude. — Les gisements de sulfate de soude se trouvent répartis sur les bords des rivières Jarama et Tajuña et du fleuve Tajo (Tage). Il se trouve dans des couches argileuses en stratification concordante avec le terrain, et se présente à l'état de sulfate anhydre ou thénardite, de sulfate de soude hydraté et de sulfate de soude uni au sulfate de chaux à peu près par parties égales (la glaubérite), cette dernière espèce étant celle qui domine; j'ai eu occasion de reconnaître ces gisements en 1856 et en 1866: ils sont d'une importance considérable.

Les principaux gisements sont, sur les rives du Jarama, ceux de San Martin de la Vega, Titulcia et Ciempozuelos; sur les rives du Tajuña, ceux de Chinchon et Villaconejos, et sur le Tajo, ceux de Colmenar de Oreja et Aranjuez. Les plus importants sont ceux de la rive gauche du Jarama, depuis le Soto de Cuyazo, près de Titulcia, jusqu'au Barranco del Salobrar, commune de San Martin de la Vega.

Ces gisements de plusieurs mètres de puissance s'étendent sur plusieurs kilomètres. Ainsi le gisement de San Martin de la Vega, que j'ai reconnu, s'étend sur une longueur de près de 9 kilomètres, avec une puissance moyenne de 7 à 8 mètres, et a été reconnu en largeur, depuis ma visite, sur plus de 300 mètres. Il contient environ 18 pour 100 de sulfate de soude anhydre, et souvent davantage, comme le prouvent les analyses des trois zones de la couche exploitée en 1860, dans la mine Consuelo, sur la rive gauche du Jarama, analyses dues à M. Joseph Aldama, ingénieur en chef des mines:

Zone supérieure. Glaubérite compacte couleur gris de plomb.	30.00 Sulfate de soude anhydre. 28.75 Sulfate de chaux anhydre. 40.00 Argile. 1.25 Eau.
Zone moyenne ou centrale. Glaubérite cristalline de couleur variable du blanc au jaune et au gris de plomb.	41.00 Sulfate de soude anhydre. 39.29 Sulfate de chaux anhydre. 18.00 Argile. 1.71 Eau.
Zone inférieure. Glaubérite compacte couleur obscure.	36.00 Sulfate de soude anhydre. 34.40 Sulfate de chaux anhydre. 28.15 Argile. 1.50 Eau.

Les gisements du Tajuña sont les moins importants; ceux du Tajo, au S. E. de Colmenar de Areja, qui appartenaient aux Sociétés Lemosina et Conservadora, ont été très-bien étudiés par M. Amalio Maestre; ils contiennent de 10,84 à 72,16 °/₀ de glaubérite et de 2,17 à 13,18 °/₀ de sel marin; leur richesse moyenne est de 30 °/₀ de glaubérite. Quatre concessions seulement, celles de Cancerbero, Odalisea, La Mora et San José, ont des teneurs de 72,16 °/₀ de glaubérite.

L'industrie des soudes a commencé dans de mauvaises conditions économiques. Le sulfate de soude, tel qu'il sort des bassins de cristallisation, contient 62 pour 100 d'eau qu'il faut éliminer pour en faire de la barille, cela a été une grande difficulté et surtout une source de dépenses.

Pour faire une tonne de barille avec ces minerais, il faut dépenser près d'une tonne de combustible et près de trois tonnes pour produire une tonne de sel de soude à 80°.

Or le combustible coûtait au début 115 à 120 fr. la tonne (j'entends la houille, car on ne peut compter sur le combustible végétal qui n'existe pas en assez grande quantité pour alimenter une grande fabrication), ce qui, du seul fait combustible, chargeait la production de la barille de 115 fr. et la production du sel de soude de 345 fr. Or, ces produits valent respectivement en consommation, à Marseille 148f,50 et 460 fr., prix qui, pour l'exportation, se dégrève des droits sur le sel, ce qui compense et au delà les frais de transport et de douane à l'importation de ces produits en Espagne. Aussi, était-il impossible de fabriquer à grande échelle, et cette industrie a langui, après avoir mal dépensé un capital énorme.

Aujourd'hui, ces conditions sont bien changées. Le combustible a baissé, et s'il est encore d'un prix élevé pour une semblable industrie, au moins est-il possible de fabriquer. Il est donc probable qu'avec la reprise des affaires et la cessation de la crise financière qui pèse sur l'Espagne depuis longtemps, quand l'État, ayant vu se relever son crédit, n'offrira plus au capitaliste un placement à 12 et 15 pour 100,

il est probable, dis-je, que les capitaux que l'État a détournés de l'industrie par l'appât d'une forte rente y retourneront, et que la fabrication des soudes se développera, surtout si le combustible leur est livré encore à meilleur marché qu'aujourd'hui.

Calcaire pour la construction. — Celui de Colmenar de Oreja est le plus estimé; il est à grain fin et contient un peu de silice et de magnésie.

Calcaires propres à la fabrication de la chaux hydraulique. — M. Cassiano de Prado croit que l'on pourrait trouver, dans les calcaires qui se trouvent entre les argiles, des calcaires argileux propres à la fabrication de la chaux hydraulique, et il se base sur la composition d'une petite couche qu'il a rencontrée derrière le couvent d'Atocha. Cette petite couche a la composition suivante:

Argile et silice	11.5	= 100.0
Carbonate de chaux	49.2	
Carbonate de magnésie	30.4	
Carbonate de fer	6.0	
Eau, perte	2.9	

Plâtres et Albâtres. — Le plâtre est abondant dans tout le terrain tertiaire, et on l'y trouve de toutes les qualités. Il sert quelquefois de pierre de construction, à défaut d'autres pierres. — Au Piul, près Arganda del rey et à Brea, on trouve de l'albâtre, mais pas en morceaux de grandes dimensions.

Magnésie ou écume de mer. — Il y en a à Vallecas; mais son grain n'est pas fin et sa couleur est sale. Il a servi à la fabrication de la porcelaine; il sert aujourd'hui à faire des cloisons légères et des fourneaux de cuisine portatifs.

A Cabañas, province de Tolède, sur les confins de celle de Madrid, et près d'Aranjuez, il y en a de grain fin et de couleur blanche de 0m,28 à 0m,30 de puissance et même davantage.

Argiles. — Elles sont très-abondantes; leur couleur varie du vert au gris et au bleu. Il n'y en a pas de blanches qui soient exemptes de chaux ou de plâtre. A Colmenar de Oreja, on en fabrique des silos ou immenses cruches de la capacité de 5 à 6 mètres cubes. — Près de Carabana, Oruzco et Olmeda de la Cebolla, il y a une argile qui sert au dégraissage des draps; mais elle est bien inférieure à celle de Palencia, du bassin du Duero. Enfin, il y a de l'argile statuaire près de Villaverde; sa couleur est vert-bronze.

Lignites tertiaires. — Il en existe seulement des indices près de Val-

delaguna, quoique dans les mêmes terrains. Dans la province de Guadalajara, il en existe d'exploitables.

Tourbes. — Les tourbières sont distribuées sur le versant méridional de la Sierra à Chozas de la Sierra, Navalpino, Cerceda, Morazarzal, Navacerrada, Becerril, Cercedilla, los Molinos, l'Escorial, Boalo, Braojos, Canencia, Manzanarès el real, Miraflores de la Sierra, Robregordo et Nava del Rio.

En général, il n'y en a qu'une couche de puissance maximum de 1 mètre. En 1855 ou 1856, les tourbières de Chozas de la Sierra, qui sont les plus importantes, furent reconnues par MM. les Ingénieurs Filgueira, Escosura et Aranzazu, qui émirent sur elles une opinion favorable. D'un rapport du mois d'août 1857, de M. Cirilo Tornos, Ingénieur des mines, qui me fut remis lors de la proposition de vente de ces tourbières de Chozas à la Compagnie générale du Crédit, en Espagne, il résulte ce qui suit :

C'est un dépôt de tourbe moderne et de tourbe d'âge moyen, de celles que nous connaissons en France sous le nom de *tourbe mousseuse* et *tourbe brun clair ;* la tourbe ancienne ou noire manque. Sa puissance est de $0^{m},84$ environ, terme moyen. Il calcule son prix de revient sur place, sèche et moulée et prête à livrer au commerce, à $0^{f},13$ le quintal, et à $0^{f},80$ le quintal pour la tourbe carbonisée ou charbon de tourbe. Il en conseille l'emploi, crue, pour la fabrication de la chaux ou des briques.

M. Filgueira dit que cette tourbe donne à la distillation 26 pour 100 de charbon ou coke de tourbe et 348 pieds cubes de gaz au quintal de 46^{k}, et qu'en mêlant cette tourbe avec 20 pour 100 de son poids de goudron, on obtient un beau gaz d'éclairage.

En 1859, on connaissait 28 concessions de tourbe avec une surface de 2 333 016 vares carrées, réparties comme suit :

Baolo	3 concessions	340 000 v.a.
Braojos	1 concession	68 000
Canencia	1 concession	67 900
Cercedilla	3 concessions	24 000
Chozas de la Sierra	7 concessions	1 898 876
El Escorial	1 concession	17 500
Los Molinos	1 concession	12 000
Manzanarès el Réal	2 concessions	79 000
Miraflores de la Sierra	1 concession	112 840
Navacerrada	7 concessions	460 000
Kobregordo	1 concession	66 900

Une telle quantité de tourbe, quoique répartie sur une foule de points divers, me paraît devoir appeler l'attention des industriels. Il est

vrai de dire que, sur ces mêmes points ou aux environs, des quantités considérables de bois de chauffage restent à peu près sans emploi faute de voies de communication, mais il est bon de la signaler pour l'époque où l'amélioration des voies de communication et le développement de l'industrie pourront en rendre l'exploitation profitable.

Asphaltes. — Dans la vallée de Lozoya, communes de Rascafria, Oteruel, Pinilla et Alameda, M. l'Ingénieur des mines José de Aldama signale des couches d'une substance bitumineuse formant une espèce de conglomérat asphaltique. — Elles se présentent en grande abondance dans la montagne, soit sur les faîtes, soit dans les dépressions des vallées, mais avec une faible épaisseur qui, cependant, atteint jusqu'à 0m,50. Ce dépôt repose généralement sur le gneiss et recouvre, dit-on, près de deux lieues carrées de terrain. C'est un fait à étudier, et peut-être ces asphaltes ou matières bitumineuses combinées aux tourbes pourraient donner lieu à une exploitation utile.

Eaux minérales. — Ces eaux sont de deux natures : celles des terrains anciens et celles des terrains modernes. On peut les diviser ainsi :

Dans les terrains anciens :

La source de Mangiron, dans le granit, d'eau sulfureuse peu abondante d'une température moyenne de 15° à 16°.

Celle de San Agustin, dans le gneiss, à la fontaine de la Sima, à 2 kilomètres N. O. de San Agustin, sulfureuse, d'une température de 15°.

Celle du Molar qui, selon M. Cassiano del Prado, possède du granit quoiqu'elle se trouve dans le diluvium, sulfureuse également et de même température.

L'analyse des eaux du Molar, qui sont à peu près identiques à celles qui précèdent, donnera une idée de leur nature; la voici telle que la donne M. Cassiano de Prado.

Pour une livre d'eau :

Azote et hydrogène	0.05 pouce cube.
Acide sulfhydrique	2.50
Air atmosphérique	inappréciable.
Chlorure de sodium	1.74 grain.
Chlorure de magnésie	1.10 id.
Sulfate de magnésie	0.75
Sulfate de chaux	0.50
Carbonate de magnésie	0.75
Carbonate de chaux	0.33
Acide silicique	1.00

Dans les terrains anciens, il y a d'autres sources dont quelques-unes

sont ferrugineuses; mais elles sont peu importantes et peu reconnues.

Il y a cependant une source ferrugineuse et digne d'intérêt au Pino, aux portes de Miraflores.

Dans les sables, on a les sources peu importantes de la Casa de Campo, la Humera et los Carabancheles, et dans le terrain tertiaire, celles de Loëches, Vacia Madrid, Aranjuez, Chinchon, Tielmez, Vicalvaro, Canillejas, Peralta, près de Vellilla de San Antonio, Torres et Nuevo Baztan.

La composition des eaux de Loëches, que j'emprunte à M. Cassiano de Prado, est à peu près celle de toutes les autres eaux du même terrain : la voici, toujours pour une livre d'eau :

Acide carbonique	0.60	pouce cube.
Air atmosphérique	0.40	—
Carbonate de chaux	3.29	grain.
Carbonate de magnésie	1.18	
Chlorure de sodium	1.60	
Sulfate de chaux	7.00	
Sulfate de magnésie	7.79	
Sulfate de soude	87.80	

Les éléments de ces eaux sont à fort peu près ceux contenus dans les terrains environnants, et leur composition s'explique, par conséquent, bien facilement.

La composition des eaux du Molar renferme tous les mêmes éléments, mais, pour ainsi dire, à l'état naissant.

Si les eaux de Mongiron avaient la même composition que celles du Molar, et si elles procédaient directement et véritablement des granits et des gneiss (ce qui, pour San Agustin et le Molar, pourrait être mis en doute, vu leur proximité du terrain crétacé, du diluvium et peut-être du terrain tertiaire recouvert par ce dernier), elles indiqueraient d'une manière claire la façon dont a pu se former le terrain tertiaire de Madrid, et l'origine de toutes les roches qu'il renferme, y inclus celle du sulfate de soude qui procéderait de la combinaison du soufre, de l'acide sulfhydrique avec le sodium converti en soude, du chlorure de sodium : opération facile à reproduire dans un laboratoire, puisque c'est le résultat d'une simple oxydation.

C'est donc un point intéressant à étudier.

Au point de vue médicinal, on peut consulter les ouvrages spéciaux sur les eaux, de Sanchez Rubio et de don Marcial Taboada.

Possibilité de trouver des coprolithes ou des roches contenant du phosphate de chaux. — Le terrain crétacé de Madrid se compose de l'étage à craie blanche inférieure sans silex ou craie tuffeau et de l'étage de la craie chlorifique et partie supérieure des grès verts supérieurs.

Or, en France, c'est dans cette dernière formation qu'on a trouvé des

gisements si considérables, si constants et si étendus de coprolithes et de nodules de phosphate de chaux. C'est aussi dans cette formation qu'on a trouvé des calcaires chlorités contenant jusqu'à 8 pour 100 de phosphate de chaux (dans les environs de Bouvines), et la roche des environs de Lille, appelée *Tun*, qui s'étend sur une surface considérable (plusieurs lieues carrées) avec une puissance de $0^m,60$ à $1^m,60$ et une richesse en phosphate variable de 19 à 39 pour 100. — La composition du Tun, suivant une analyse faite à l'École des mines de Paris, est la suivante :

Phosphate de chaux	38.70	= 100.00
Craie	52.30	
Argile	1.50	
Eau, perte	7.50	
Oxyde de fer	trace.	

Il y aurait donc lieu de rechercher dans le terrain crétacé de la province, soit des roches contenant des phosphates comme le Tun, soit des nodules ou copiolithes. D'un autre côté on trouve aussi les nodules phosphatés ou coprolithes dans le red crag ou crag de Suffolk, formation inférieure du terrain tertiaire pliocène et des roches phosphatées analogues aux folures de la Touraine, dans le terrain tertiaire miocène supérieur, qui font aussi partie de la province de Madrid.

Il convient donc aussi de faire des recherches dans ce terrain, car il est dans l'ordre des choses possibles de trouver quelque chose d'utile

Puits artésiens. — L'eau joue un si grand rôle dans l'industrie qu'il est difficile de terminer une note sur la richesse minérale de cette province sans s'occuper des moyens de se la procurer, moyens que peut fournir l'étude géologique des terrains qui en forment le sol.

Nous dirons donc quelques mots de cette question.

Dans le terrain quaternaire, il est peu probable que des recherches soient couronnées de succès, quoique cela ne soit pas impossible. Ainsi, du moins, paraît le démontrer le mauvais résultat des essais faits à Madrid, en 1827, dans lesquels on a traversé tout le terrain quaternaire sans rien rencontrer.

Dans le terrain tertiaire il paraît, au contraire, probable, qu'on obtiendrait un bon résultat; car, dans les essais faits par la municipalité et M. Matheu, Calle Espoz y Mina, on s'est arrêté à l'argile, sans achever de la traverser, à la profondeur de 203 mètres; or, en poussant plus avant, on aurait pu arriver à des grès perméables et au terrain crétacé, et rencontrer la nappe d'eau cherchée. Un sondage à Madrid doit donc atteindre une grande profondeur, si on veut le voir couronné de succès. C'est ce que nous démontrerons un peu plus loin.

Ce bassin tertiaire, limité au Nord par Jadraque, à 790 mètres de

hauteur au-dessus du niveau de la mer ; à l'Est par Cuenca, à 900 mètres ; au S. E. par Albacete, près Chinchilla, à 827 mètres ; au S. O. par Valdepeñas, à 717 mètres, et Ciudad-Real à 650 mètres ; à l'O. par Tolède, sur les bords du Tage, à 462 mètres, a une surface considérable qui permet d'espérer, si jamais on fait ce sondage, un résultat important.

Selon M. Cassiano de Prado, le terrain tertiaire de la province se divise en trois étages :

L'étage supérieur, qui se compose essentiellement de calcaire et a une puissance variable de 6 à 35 mètres ;

L'étage moyen ou celui des argiles et des gypses, de puissance très-variable et qui, selon M. Cassiano de Prado, passe de 270 mètres entre Aranjuez et Colmenar de la Oreja et près de ce dernier point ;

Enfin l'étage inférieur, celui des grès et conglomérats, qui est celui qui doit être essentiellement aquifère, a une puissance fort variable et surtout peu connue.

Si on ajoute à ces renseignements que le sondage de M. Matheu a rencontré la formation des argiles à peu près à la profondeur où elle apparaît à Aranjuez, ce qui suppose l'horizontalité des couches entre Madrid et Aranjuez ou à peu près, et qu'Aranjuez est 165 mètres plus bas que Madrid, il en résulte que si, à ces 165 mètres, on ajoute les 270 de puissance de la formation moyenne, le puits artésien devrait avoir à Madrid au moins 435 mètres de profondeur, cela sans compter ce que peut avoir de plus que celle que nous avons supposée la puissance de la formation moyenne ; à moins aussi que cette formation sous Madrid ne soit moins puissante, ce qui n'aurait non plus rien d'extraordinaire.

Un puits artésien, à Madrid, peut donc facilement atteindre 500 mètres de profondeur, avant d'arriver aux couches aquifères. Plus au nord de Madrid, quoique le niveau fût plus élevé, on arriverait peut-être aussi vite ou plus vite au même résultat, si les couches étaient relevées, comme cela, du reste, est assez probable.

L'agriculture pourrait tirer parti de ces indications, mais il est peu probable que rien de sérieux ne s'entreprenne avant que le Gouvernement ou la municipalité n'aient donné l'exemple ; car, pour un particulier, un sondage de 500 mètres au moins, en présence de l'inconnu, est une perspective peu capable de l'engager à l'entreprendre.

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION

des mines et fabriques métallurgiques et minéralogiques de la province de Madrid.

Les renseignements statistiques qu'on trouve jusqu'en 1856, et qui sont publiés dans la *Gaceta de Madrid*, sont complétement inutiles pour nous.

En 1857, apparaît la statistique de la production minérale de l'année 1856, fort incomplète et pleine d'erreurs, et la seule d'ailleurs qui, à ma connaissance jusqu'en 1860 (époque à laquelle la statistique de l'industrie minérale fut confiée à la Junta supérieure des mines) ait donné les renseignements par province et nature de produits.

On peut donc dire que la statistique sérieuse commence en 1860, et je dis sérieuse, quoiqu'elle soit encore loin d'être parfaite, parce qu'on y apporte chaque jour plus de soins, et que les causes d'erreurs diminuent, quoique l'apathie ou la défiance des industriels constituent une cause d'imperfection constante qui ne disparaîtra qu'avec l'habitude, et une appréciation plus intelligente de leurs intérêts.

Nous donnons sous forme de tableau les statistiques des années 1856-1860-1861-1862-1863-1864-1865-1866-1867-1868 et 1869 (voir tableau ci-joint), tableau dans lequel nous détaillons seulement les résultats de cette dernière année, qui représentent l'état actuel de l'industrie minérale de la province, résultats que M. Lino Peñnelos, Ingénieur en chef des mines du district de Madrid, a eu l'obligeance de mettre à notre disposition avec une amabilité dont nous lui manifestons ici toute notre gratitude.

Ajoutons, pour compléter ce tableau, que, d'après les renseignements particuliers que nous possédons, avant 1854, il n'y avait que deux concessions de soude; que cette même année, ce minéral commença à prendre une certaine importance, et que depuis lors il n'a cessé de donner lieu à des exploitations plus ou moins actives; que vers cette même époque, on commença à s'occuper des tourbes, qui atteignirent leur apogée en 1856 pour mourir en 1863; que l'attention se fixa sur les mines métalliques vers 1850; qu'elles furent en grande vogue de 1852 à 1853; qu'elles commencèrent à tomber en décadence vers 1855 et fermè-

rent complétement en 1857 ou 1858 pour commencer à revivre en 1866; que les kaolins de Valdemoro ont dû être exploités sans interruption depuis de longues années; que ceux de Galapagar l'ont été de 1817 à 1850 et que ceux de Cercedilla le sont, à ma connaissance, depuis l'année 1860 et l'ont été certainement à une époque de beaucoup antérieure, quoique d'une façon fort irrégulière.

Mines de sulfate de soude. — En examinant le tableau précédent, nous voyons que la plus grande production des mines de sulfate de soude correspond à l'année 1863; que cette production s'est soutenue à peu près la même en 1864; qu'elle a baissé subitement en 1865, pour se relever en 1867, et tomber de plus en plus à partir de 1868 : anomalie qui ne trouve d'explication que dans la crise financière que nous traversons depuis tant de temps, et dans la difficulté de trouver des capitaux pour une industrie qui a déjà dépensé plus de 15,000,000 de réaux, d'une façon en grande partie improductive.

Il est à espérer cependant que, si les moyens de transport s'améliorent, si les affaires reprennent, si, en conséquence, le prix de l'argent diminue assez pour être à la portée des affaires industrielles et si le combustible baisse encore de prix, avec l'ouverture des chemins asturiens qui permettront l'introduction du charbon de cette province sur le marché de Madrid, en concurrence avec les charbons anglais, ceux de Barruelo et ceux de Belmez; cette industrie reprendra l'activité qu'elle devait avoir, quoique cependant la liberté du commerce du sel et la facile fabrication de l'acide sulfurique avec les pyrites pourraient de beaucoup changer ses conditions de vitalité.

Nous étudierons cette éventualité, quand, examinant la richesse minérale des autres provinces, nous nous occuperons des pyrites et de la fabrication des produits chimiques.

Mines métalliques. — Les mines métalliques, en complète décadence de 1862 à 1865, ont commencé à fixer de nouveau l'attention, dans le courant de 1866. A cette époque, en effet, quelques concessions ont été demandées dans les environs de Bustarviejo, Gargantilla et Pinilla de Buitrago. Comme nous l'avons déjà dit dans le courant de cette note, et comme le prouve l'examen du tableau qui nous occupe en ce moment, ces mines sont aujourd'hui en progrès. Ainsi la fabrique de Bustarviejo s'est successivement augmentée et augmente encore, et on a monté cette année à Gargantilla une autre fabrique qui, déjà, a produit quelque argent. La liberté de la vente du sel a, du reste, favorisé ces établissements, en leur permettant de faire la chloruration de leur minerai à bon marché. Notre croyance est, nous l'avons déjà dit, que les mines métalliques de la province, quand elles seront exploitées intel-

ligemment et avec un capital suffisant, seront productives, surtout si elles ont à leur disposition des moyens de transport économiques.

Tourbes. — Les tourbes, depuis le commencement de 1863, sont complétement abandonnées.—Cet abandon reconnaît plusieurs causes : nous allons les examiner rapidement.

La première est que la tourbe est un combustible d'une puissance calorifique à peu près égale à celle du bois, et que dans les montagnes où elles se trouvent, il y a beaucoup de bois de chauffage sans application, ce qui diminue son importance comme produit de consommation locale, surtout quand l'unique application qu'elle pourrait avoir serait l'usage domestique et exceptionnellement la fabrication de la chaux, comme on l'a fait à Cerceda et Chozas de la Sierra, point où on l'a principalement exploitée.

La deuxième et la plus importante est l'absence de moyens de communication; car si le réseau des routes de toute classe qui doit couvrir la province de Madrid était achevé, je crois que ce combustible ne tarderait pas à recevoir de nombreuses applications.

On pourrait, en effet, le carboniser et voire même l'agglomérer, en y ajoutant les poussières de charbon et autres déchets des charbons végétaux qui se fabriquent en si grande quantité dans les environs de leurs gisements; peut-être même que les substances bitumineuses de Rascafria pourraient, convenablement préparées, servir à leur agglomération, auquel cas on produirait un combustible à bas prix auquel les débouchés ne manqueraient pas.

Dans tous les cas, si ces routes existaient, on pourrait déjà fabriquer de la chaux de bonne qualité, dans les environs de Cerceda, Miraflores de la Sierra et Chozas de la Sierra, qui se transporterait économiquement à la station de Villalba et de là à Madrid.

Effectivement, d'après les renseignements que nous possédons, on fabriquerait la chaux de bonne qualité au prix sur place de 3r la fanègue (de 5 arrobes); sur une route bien entretenue on transporterait à 1r,50 par tonne et kilomètre, et comme de Chozas de la Sierra à Villalba il y a 26k,230, le prix du transport serait de 39r,37 par tonne, ou de 2r,26 par fanègue; de sorte que le prix de revient de la chaux, à Villalba, serait de 5r,26, soit 6r. On la vend 10r à Madrid; il y aurait donc de la marge pour un bénéfice raisonnable.

Quant au charbon de tourbe, on le fabriquerait à 2r le quintal; son transport à Villalba serait 1r,81; il vaudrait donc 3r,81 le quintal espagnol rendu à la station; et alors peu importerait que les bois, aujourd'hui inutilisés, trouvassent un débouché; car le débouché serait assez grand pour l'écoulement de l'un et l'autre combustibles. En effet, combien d'usines encore brûlent dans leurs chaudières à vapeur du

fumier qui serait employé d'une façon bien plus profitable par l'agriculture?

L'important pour la province de Madrid est donc l'achèvement de ses voies de communication, et surtout des routes de troisième ordre; car pour celles de premier ordre, il ne reste à faire que le pont de Fuentidueña, sur la route de Madrid à Castellon, et pour celles de deuxième ordre, il reste à faire la route de Tolède à Avila, depuis la limite de la province de Tolède jusqu'à San Martin de Valdeiglesias et Avila.

Les routes de troisième ordre du réseau de Madrid, suivant le plan général adopté en 1864, ont une longueur totale de 426k,469, répartis en 33 sections, sur lesquelles :

10	sections	ayant ensemble	140k,864	sont construites.
1	—	—	11 ,199	est à construire.
3	—	—	16 ,488	ont leur projet fait et approuvé.
5	—	—	61 ,918	sont à l'étude.
14	—	—	196 ,000	ont leur projet à faire.

La plus grande partie reste donc, non-seulement à faire, mais encore à étudier.

Les routes de troisième ordre, qui intéressent le plus à l'industrie minérale, sont :

Celle de *Rascafria à Lozoyuela*, 23k,500. Projet à l'étude; qui met en communication Rascafria avec la grande route de Madrid à Irun.

Celle de *Cabrera à Miraflores*, 14k. Projet à faire; qui mettrait cette dernière ville en communication avec la grande route de Madrid à Irun, et par conséquent avec Lozoyuela et Rascafria.

Celle de *Miraflores à Chozas de la Sierra*, 3k,250. Projet approuvé;

Celle *de Chozas de la Sierra à Manzanarès el Real*, 6k. Projet à faire.

Celle de *Manzanarès à Navacerrada*, 12k. Id. Id.

Ces trois dernières sections, qui ont ensemble 26k,250, sont les plus importantes pour les tourbes, la chaux et autres productions de la Sierra. Quant aux autres routes de troisième ordre, très-importantes pour la province en général, elles le sont à un faible degré pour l'industrie des mines qui, pour la soude surtout, a principalement besoin de chemins vicinaux, chemins pour lesquels les communes se montrent tellement indifférentes que j'en connais auxquelles des Sociétés minières ont offert de contribuer pour 1/3 et quelques-unes pour les 2/3 à leur construction, sans avoir pu les décider à les exécuter.

En résumé, il faudrait dans la province de Madrid, pour que l'industrie minérale prospérât :

1° Des chemins transitables économiquement;

2° Des capitaux et du combustible à bon marché;

3° Et surtout la création d'entreprises sérieuses.

Espérons que ces éléments de prospérité ne feront pas plus longtemps défaut.

NOTE

SUR LA

CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION

DE

DIVERS CHEMINS DE FER SECONDAIRES

à la fin de l'année 1874[1].

PAR M. JULES MORANDIERE

OBJET ET DIVISION DE CETTE NOTE.

Notre but dans ce travail est de résumer quelques renseignements sur des chemins de fer secondaires projetés ou exploités.

Une première partie comprendra la description de l'ensemble des conditions d'établissement et d'exploitation de plusieurs lignes.

La deuxième partie comprendra sous forme d'Annexes, quelques tableaux, ainsi que plusieurs renseignements statistiques et divers.

Nous espérons être en mesure de donner ultérieurement des Détails sur les éléments constitutifs de ces chemins, *Profils types*, *rails*, *traverses*, *accessoires de la voie*, *gares*, *voitures et wagons*, *locomotives*.

PREMIÈRE PARTIE.

Principales conditions d'établissement et d'exploitation de quelques chemins de fer secondaires.

AVANT-PROPOS.

Extension des chemins de fer secondaires. — La Société des Ingénieurs civils s'est toujours occupée avec sollicitude des chemins de fer économiques. Depuis les travaux sur l'utilisation des accotements, par M. Love,

1. Le temps écoulé entre la communication faite à la Société et l'impression de cette note, nous permettra d'ajouter, surtout dans la IIe partie, des renseignements intéressants sur les faits survenus depuis la fin de 1874.

en 1860, et par MM. Molinos et Pronnier en 1861[1], de nombreuses communications et discussions ont eu lieu sur ce sujet, notamment en 1868. Les exemples qui pouvaient être cités à cette époque étaient fort rares, et la discussion restait forcément dans le domaine de la théorie : mais les exemples se sont multipliés depuis lors[2].

Dans plusieurs publications et brochures reçues par la Société, ces dernières années, se trouvent des renseignements nouveaux sur l'extension des chemins de fer secondaires, et il devient possible d'augmenter le nombre des citations : les discussions théoriques sont ainsi remplacées avantageusement par des applications pratiques. Il nous a donc paru intéressant de présenter le résumé des particularités de quelques chemins, en renvoyant souvent pour les détails aux sources d'où proviennent les renseignements.

La construction des chemins de fer à voie étroite notamment a pris beaucoup de développement. Un tableau spécial relatera les longueurs de quelques-unes de ces lignes, et montrera qu'en Europe, plus de 1000 kilomètres sont en exploitation, et que beaucoup d'autres chemins sont projetés. Dans l'Inde la voie de 1 mètre a été adoptée par l'État pour 900 kilomètres environ d'embranchements. En Amérique et au Canada plus de 3,000 kilomètres sont exploités, et plus de 10,000 kilomètres sont en construction.

En France et en Algérie, environ 100 kilomètres de chemins industriels à voie étroite sont en service. Jusqu'à ce jour, le chemin de Lagny près Paris, de 12 kilomètres de longueur, est le seul transportant des voyageurs, mais plus de 100 kilomètres de chemins de même nature sont en construction.

Nature des chemins secondaires décrits dans la présente note. — La désignation de *secondaires* peut s'appliquer à beaucoup de catégories de chemins, et il serait possible sous ce titre d'examiner des lignes méritant d'être citées comme exemple, telles que celles de Frévent à Gamaches, Abancourt au Tréport, Mammers à Saint-Calais, etc. Signalons toutefois que l'économie obtenue sur ces lignes tient surtout au pays peu accidenté dans lequel elles ont été tracées; aussi pour entrer davantage dans l'esprit d'économie et de progrès qui ressort des discussions de la Société, la présente étude ne s'étendra pas aux chemins dont nous venons de parler.

Les lignes faites en vue d'admettre au plus les véhicules ordinaires, c'est-à-dire capables de supporter des charges maximum de 7 à 9 tonnes par

1. Mémoires de la Société des ingénieurs civils. 1861.

2. M. Goschler a déjà signalé (Voir le 2° *Bulletin* de 1873) : 1° diverses catégories de lignes secondaires, et 2° quelques exemples, tels que : le chemin à traction de chevaux de Budweis à Linz, le chemin de fer de Festiniog à voie de $0^{m},60$, un projet de chemin de fer d'intérêt local, les tramways de Paris, les tramways de Constantinople, etc.

essieu de machines ou de wagon, seront considérées comme un des termes extrêmes, et formant l'objet d'un *premier chapitre*.

Le *deuxième chapitre* comprendra l'examen des *lignes à transbordement*, c'est-à-dire *à voie réduite*.

Troisième chapitre. — Considérations pouvant guider dans le *choix de la largeur de voie réduite* à adopter dans certains cas.

Quatrième chapitre. — Emploi restreint des tramways comme chemins secondaires.

Un point intéressant est la question des *frais d'exploitation* sur lesquels il n'existe que peu de renseignements, et dont le *cinquième chapitre* dira quelques mots.

CHAPITRE PREMIER.

LIGNES ADMETTANT LES VÉHICULES ORDINAIRES, ET DESSERVIES PAR DES LOCOMOTIVES DE POIDS RÉDUIT.

Ces lignes à voie de $1^m.50$ admettent les véhicules ordinaires, mais elles doivent être desservies au moyen de locomotives dont le poids par essieu ne dépasse pas celui des wagons, c'est-à-dire 7 à 9 tonnes. Cette solution permet d'éviter le transbordement, en même temps qu'elle permet, à l'occasion, de louer le matériel d'autres lignes, mais le chemin peut être réduit à ses seules ressources pour les locomotives.

Nous examinerons comme exemple :

A. Les chemins de fer de Norwége et de Suède. B. Les chemins de l'Hérault. C. Un projet de chemin de fer en Alsace. D. La ligne de Valkany à Perjamos (Hongrie). E. Le chemin du Brünig (Suisse). F. Le chemin de l'Uetli (Suisse). G. Un embranchement du Nord-Est (Suisse). H. Divers projets dans l'Inde. I. Les chemins à rails en bois, au Canada. J. Chemin agricole de Quainton à Brill.

A. *Chemins de Norwége et de Suède.* — Les premières lignes norwégiennes construites en 1854 par Stephenson à la voie ordinaire avaient coûté près de 175,000 francs le kilomètre. M. Carl Pihl, introduisant une réduction générale des éléments de la voie, fit descendre à 100,000 francs, par kilomètre, la dépense de divers prolongements. Les rails pesaient 31 kilogrammes par mètre, au lieu de 36 kilogrammes, et la charge des essieux s'abaissait de $10^t.3$ à $8^t.3$[1].

1. *Von Weber.* Chemins secondaires. — *Fairlie.* « Aurons-nous des chemins de fer. »

En Suède les rails étaient de 33 kilogrammes au lieu de 37, et la charge des essieux de 8t.6 au lieu de 11t.3.

B. *Chemin de fer d'intérêt local de l'Hérault*[1]. — Ces lignes sont construites sous la direction de M. l'ingénieur en chef Bazaine, par MM. Joret et Compagnie. Le cahier des charges est, dans ses détails, l'un des plus simples et des mieux étudiés parmi les divers chemins d'intérêt local.

Le maximum possible des pentes est de 0,03 par mètre, et le rayon minimum des courbes est de 100 mètres. En construction il n'a pas été fait de rayons de moins de 200 mètres, jusqu'à ce jour. La fig. 1, pl. 79, donne le profil transversal d'un chemin de même importance.

Le poids des rails, non fixé par le cahier des charges, a été pris de 25 kilogrammes par mètre. Le type adopté est une réduction exacte du profil du Bourbonnais, et est une des meilleures formes de rail léger. (Fig. 13, planche 79.) Il est porté par des traverses espacées de 1 mètre en moyenne.

Les voitures, de deux classes seulement, sont à couloir intérieur; les prix sont de 8 centimes par kilomètre pour la 1re classe, et de 5 centimes pour la 2e classe. « Le concessionnaire aura la faculté de faire délivrer tous les billets de voyageurs par les conducteurs des trains en mouvement. » Les voyageurs allant au marché peuvent déposer 30 kilogrammes de produits agricoles dans un wagon spécialement désigné, et les reprendre à leur descente de voiture, sans avoir à payer le droit d'enregistrement.

Il n'est mentionné, dans le cahier des charges, aucune réduction pour les militaires et marins, non plus qu'aucune obligation de service postal gratuit.

D'après les évaluations faites au moment de la concession, le chemin devait coûter en moyenne 125,000 francs du kilomètre, y compris un matériel roulant estimé 15 à 20,000 fr. par kilom. Le département paye les terrains, et accorde une subvention de 75,000 francs. Il reste donc moins de 50,000 francs à apporter par le concessionnaire : un produit net kilométrique de 3,000 francs suffirait, dans ce cas, pour rémunérer les intérêts du capital engagé.

Lorsque le produit brut dépasse 11,000 francs, l'excédant est partagé par moitié entre le département et le concessionnaire.

Les lignes de Montpellier à Palavas (12 kilom.), et de Béziers à Méze (45 kilom.), sont actuellement en exploitation. La première est une ligne de banlieue, reliant Montpellier à la mer, tracée dans une plaine et ayant surtout un trafic de voyageurs. La seconde, au contraire, est accidentée et donne lieu, au moment du transport des vins, à un mouvement assez considérable de marchandises.

1. Voir les *Annales industrielles*, 1er et 2e semestre, 1874.

Il est intéressant d'étudier les types des locomotives qui desservent ces divers trafics, tout en remplissant la condition posée de ne pas dépasser par essieu un poids de 7 à 9 tonnes, poids correspondant à celui d'un essieu de wagon ordinaire.

Le service de la ligne de Palavas est fait par des locomotives à 6 roues, dont 4 couplées, d'un diamètre de $1^{m}.21$. Les cylindres ont $0^{m}.30$ sur $0^{m}.46$. Le timbre de la chaudière est de $8^{k}.5$, et les surfaces sont respectivement : de $0^{m2}.90$ pour la grille, de $44^{m2}.5$ pour les tubes, et de $3^{m2}9$ pour le foyer. Le poids à vide étant de $17^{t}.5$ s'élève à $22^{t}.4$ lorsque la machine est en ordre de marche, et se répartit ainsi : $6^{t}.4$ avant, $8^{t}.0$ milieu et $8^{t}.0$ à l'arrière; soit 16 tonnes utiles pour l'adhérence. Les soutes à eau contiennent $2^{t}.5$, et celles à combustible 1 tonne de houille environ. (Fig. 9, pl. 79.)

Sur la ligne de Béze tous les trains sont mixtes, et deux types de machines sont à l'essai. Une machine-tender à 4 essieux accouplées, chaudière en tôle d'acier, pesant environ 36 tonnes en charge, et une machine du *système Meyer* à 6 essieux accouplés par groupe de trois, pesant environ 54 tonnes.

C. *Chemin de fer projeté en Alsace.* — Nous mentionnons seulement ici pour mémoire, un projet non suivi d'exécution, en renvoyant aux annexes pour les détails. La ligne dont il s'agit devait emprunter sur les deux tiers de sa longueur, l'accotement d'une large route nationale. Les rails auraient pesé 35 kilogrammes par mètre, mais l'espacement des traverses eût été porté à $1^{m}.20$ en moyenne.

D. *Chemin de fer de Valkany-Perjamos* (*Hongrie*)[1]. — Cette ligne, de 43 kilomètres, ouverte en 1870, a été exécutée en une campagne pour le compte d'une Compagnie locale par la Compagnie des chemins de fer de l'Etat (Staatsbahn), laquelle a également entrepris l'exploitation.

Le chemin est en plaine, les rampes maximum sont de 2 millimètres 1/2 et le rayon minimum des courbes est de 400 mètres. La largeur de la plate-forme à la couronne est de 4 mètres. Les rails, de 7 mètres de longueur, pèsent $25^{k}.30$ le mètre courant; ils sont éclissés en porte-à-faux et sont portés par huit traverses.

Les locomotives, au nombre de trois, pèsent $25^{k},7$ en charge.

La dépense de cette ligne, y compris les locomotives, mais sans le reste du matériel roulant, s'est élevée à environ 70 000 fr. par kilomètre.

E. *Chemin du Brünig* (*Suisse*). Ce chemin, destiné à relier Thoune et le lac de Lucerne, n'est encore exploité que sur les 8 kilomètres 1/2 de la plaine qui s'étend entre le lac de Thoune et le lac de Brienz; il relie chacun de ces deux lacs à Interlaken. Les rails sont de 20 à 25 kilo-

1. *Annales des ponts et chaussées.* Juin 1876. Un autre chemin de 47 kilomètres de longueur, exécuté dans les mêmes conditions, de Vojtek à Bogsan, a été livré en 1874.

grammes par mètre, éclissés en porte-à-faux. Les voitures sont à impériales couvertes, mais non fermées : comme ces places sont les plus recherchées, les siéges en sont rembourrés. Ces voitures, à châssis en fer très-tourmenté, paraissent très-lourdes.

Jusqu'à ce jour le service est fait par des locomotives de Krauss, à quatre roues, devant peser 15 à 18 tonnes.

Le trafic consiste presque exclusivement en voyageurs : toutefois un bateau-ferry, capable de porter 4 wagons, navigue sur le lac de Thoune pour établir la communication avec la Compagnie du Central suisse.

F. *Chemin de l'Uetli*, près Zurich (Suisse). — Bien que l'Uetli soit une montagne dominant le lac de Zurich, ses flancs ne sont pas très-abruptes, et les premiers projets de chemin à crémaillère ont été finalement transformés en projets de chemin ordinaire, admettant des rampes de 4 à 7 centimètres par mètre. Les courbes descendent jusqu'à 135 mètres de rayon; aussi les wagons sont-ils du type américain, à 8 roues et à 40 places; leur poids à vide est de 5.750 kilogrammes. Les locomotives, au nombre de trois, et du type Krauss, sont à 6 roues couplées et pèsent 25 tonnes.

Les rails qui seront soumis à une action énergique de la part des freins pèsent 30 kilogrammes le mètre.

La construction de cette ligne, de 9 kilomètres de longueur, est très-avancée[1].

G. *Chemin projeté par la Compagnie du Nord-Est suisse.* — Cette Compagnie a consenti à se charger de l'exécution d'un chemin secondaire amenant du trafic à l'une de ses lignes; elle s'est même intéressée pour un tiers dans la construction, et a fait un traité d'exploitation avantageux pour les cantons propriétaires du chemin.

Un rail de 26 kilogrammes sera employé; la ligne sera desservie par le matériel roulant ordinaire de la Compagnie, et ses locomotives-tenders à 4 roues, les plus légères, pesant environ 23 tonnes en charge.

Les gares seront également d'un modèle restreint, dans lequel un hangar à marchandises (90 mètres carrés), fig. 7 et 8, pl. 79, suffit en outre au service des voyageurs et au logement de l'employé chargé de la gare.

H. *Chemins de fer de l'État dans l'Inde.* — L'extension du réseau avait été décidée à la voie de 1 mètre; mais il a été plus tard reconnu que l'intérêt stratégique nécessitait la prévision d'une transformation assez prochaine d'un certain nombre de lignes, et une disposition transitoire a été adoptée pour celles-ci. La voie aura la largeur normale des anciennes lignes ($1^{m}.68$), et sera formée de matériaux légers et de rails

1. La ligne a été ouverte au milieu de 1875. D'après M. Mallet, elle a coûté environ 166.000 francs par kilomètres. Les locomotives ont remorqué jusqu'au sommet des charges égales à leur poids, c'est-à-dire 25 tonnes, à la vitesse de 13 à 17 kilomètres à l'heure. (*Compte rendu* des séances de la Société des Ingénieurs civils, 7 mai 1875.)



pesant 25 kilogrammes : le matériel roulant ordinaire, y sera remorqué par des locomotives légères. L'infrastructure sera établie de manière à recevoir, le jour où l'on voudra, les rails lourds et les locomotives pesantes.

I. *Chemins à rails en bois au Canada.* — Cette idée, née pendant la guerre de la Sécession, et appliquée à la réfection de lignes détruites, a été ensuite reprise pour la construction de chemins permanents dans un pays où le bois est très-bon marché. Le point capital est la substitution de rails en *érable*, aux rails en fer. Les pièces de bois de $0^m.35$ sur $0^m.175$ de largeur sont portées par des traverses assez rapprochées. Leur durée est estimée à 8 années.

Les roues des machines et wagons ont des bandages très-larges, et on trouve en service des locomotives de 20 à 30 tonnes.

Certaines lignes ont coûté 20,000 francs par kilomètre seulement, dans ce prix la voie proprement dite est comprise pour 3,000 francs par kilomètre. Le prix de l'exploitation ressort à $1^f.25$ par kilomètre de train, pour un service restreint[1].

J. *Chemin de fer de Quainton à Brill* (Buckinghamshire)[2]. — Ce chemin agricole ouvert en 1871, a 12 kilomètres de longueur et a coûté 35,000 fr. par kilomètre, terrains non compris. Les pentes atteignent 2 centimètres par mètre: une seule voiture suffit pour le service des voyageurs, et les deux locomotives de la force de 6 chevaux, sont du type locomobile spécial d'Aveling et Porter. La ligne a été construite par le duc de Buckingham, qui l'entretient; l'exploitation est faite par MM. Chaplin et Horne, grands entrepreneurs de roulage.

CHAPITRE II.

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE.

Considérations générales. Notre intention, en donnant ici de nombreux renseignements sur les chemins de fer à voie étroite, est de montrer le parti qui a été et qui peut-être tiré de ces constructions économiques.

Le tableau joint à cette note met bien en relief le grand développement que les chemins de fer à voie réduite prennent depuis quelques années dans les pays neufs, tels que l'Amérique, l'Inde, et autres contrées où la civilisation ne fait que pénétrer. Dans les régions dépourvues de

1. *Engineering*, 1er octobre 1869, 14 juin 1872, 31 janvier 1873.
2. *Engineering*, 5 juillet 1872. Light railways.

route, l'important est de construire la plus grande longueur possible avec un capital donné, et le choix de la voix étroite est parfaitement motivé.

En France, la situation n'est pas la même, il s'agit d'ajouter de nouvelles mailles à un réseau déjà fort étendu. L'adoption de la voie normale de 1m,50 doit donc recevoir tous les encouragements financiers et autres, compatibles avec le budget de l'État, des départements, et des communes.

Mais, lorsque les ressources suffisantes ne peuvent être réalisées, la voie étroite se présente comme une solution acceptable, dans bien des cas, à titre auxiliaire.

Toutefois l'extension d'une telle application ne devra être autorisée qu'avec une certaine circonspection, surtout lorsque le chemin ne sera pas affecté principalement à des transports industriels ou agricoles[1].

Comme conséquence de ce qui précède, la voie réduite ne paraît pas destinée, au moins pour le moment, à s'étendre en France sur des milliers de kilomètres, s'entrelaçant en quelque sorte avec les autres réseaux, de manière à leur faire concurrence. Son rôle, plus modeste, mais non moins utile, est analogue à celui des chemins vicinaux et d'intérêt commun, comparés aux routes départementales et nationales[2].

Ajoutons à ces considérations une réflexion d'une nature plus secondaire. Tout chemin de fer pour l'établissement duquel la voie étroite est admise en principe, est fondé à se dire chemin secondaire et d'intérêt local. En effet, avec la voix étroite, c'est-à-dire avec le transbordement obligatoire, l'objection de concurrence et de détournement de trafic tombe d'elle-même.

1. *Observations sur les chemins à bon marché*, par M. R. Morandiere (voir page 17), note de mai 1868, insérée dans les *Annales des Ponts et chaussées*, de 1869.

Observations sur les chemins de fer économiques. Brochure par M. J.-B. Krantz, 1875 (voir pages 82 et 100).

D'un autre côté, il ne faut pas redouter le mouvement qui se produit en faveur des chemins de fer à voie étroite. Il ne peut évidemment venir à l'idée de personne d'imposer la voie réduite pour les 5 000 kilomètres nécessaires au complément de notre réseau national. Or, nous n'avons encore que 12 kilomètres de chemins de ce genre pour voyageurs, une centaine de kilomètres environ sont décrétés, et rien ne fait entrevoir un développement excessivement rapide. La loi de 1865 a donné lieu à certaines spéculations, et néanmoins, depuis dix ans, il n'a été ouvert que 1 855 kilomètres de chemin d'intérêt local. Il est donc probable que l'économie générale du réseau français ne pourra pas être sérieusement menacée avant plusieurs années ; or, avant ce moment, l'expérience aura fait reconnaître les avantages et les inconvénients des lignes à voie réduite, et il sera temps d'aviser en toute connaissance de cause.

2. « Quant à la question des chemins de fer à voie étroite, la solution me paraît indiquée d'une manière tout aussi évidente. C'est la nature même qui nous indique l'exemple à suivre. Elle a distribué les eaux en ruisseaux, en rivières, en grands fleuves ; nous avons eu la sagesse de diviser nos routes de terre en routes nationales, départementales et en chemins vicinaux. Il faut faire de même pour nos voies de fer, d'autant plus que le prix en est plus élevé. »

Lettre de M. F. Bartholony au directeur du *Moniteur universel*. Janvier 1875.

En résumé et comme *conclusion* des considérations qui précèdent, la voie étroite semble devoir porter avec elle, en France, un caractère essentiellement transitoire : par suite, il conviendra dans la plupart des applications de recourir aux types les plus économiques.

L'utilisation des accotements des routes concourt au même but; car on gagne ainsi la majeure partie de la dépense des terrains. Au premier abord, on peut se demander s'il ne serait pas plus avantageux d'acquérir le terrain suivant le tracé que la voie de 1^m.50 devra emprunter un jour; mais alors, au lieu de courbes de 30 à 80 mètres, il faut des rayons de 100 à 200 mètres, la limite des inclinaisons recule également, et l'économie à réaliser consiste principalement dans la diminution du poids des rails, c'est-à-dire qu'elle est presque insignifiante[1].

La voie étroite ne peut être économique de construction et d'exploitation qu'à la seule condition de ne pas être une copie réduite des grandes lignes, et *de sortir complétement des errements suivis jusqu'à ce jour, pour les lignes à voie de* 1^m*,50, même celles d'un intérêt secondaire.*

Nous allons maintenant, avant de passer à la description de quelques lignes, essayer de donner une idée, d'une part, de l'importance exacte qu'il faut attribuer au transbordement; d'autre part, de la réduction qu'il est possible d'obtenir dans le poids mort.

Prix de transbordement. — Les *Marchandises de détail* peuvent généralement supporter le surcroît de taxe nécessaire pour balancer les frais de transbordement. M. Nordling a parfaitement établi[2] que ce surcroît correspondait, à un allongement de chaque parcours, de 4 à 6 kilomètres. Le point important est d'éviter ce surcroît pour les marchandises expédiées par wagon complet, pour les marchandises pondéreuses (surtout pour le charbon et les engrais), en un mot pour les marchandises à bas tarif, ou bien encore pour celles qui se détériorent par des manutentions successives. Dans ces divers cas, le problème sera résolu par l'emploi de caisses ou cadres mobiles, de paniers et de grues de transbordement du camion sur wagon ou inversement. Ce système est déjà employé sur les grandes lignes; ainsi la marée de Boulogne arrive à la halle dans des caisses à claire-voie chargées sur des plate-formes ; les poteries de Creil amènent, de la fabrique au magasin de Paris, leurs produits contenus dans des caisses ayant juste la longueur d'une plate-forme, et, comme largeur, la moitié (1^m,20 environ) de ce véhicule qui reçoit ainsi deux caisses; chacune de ces caisses forme le chargement d'un camion ou même d'une charrette ordinaire[3].

1. M. L. Richard. Bulletin de la Société des Ingénieurs civils. Année 1868, page 284.

2. Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. 3e cahier, 1864, page 383.

3. Voir un certain nombre de dispositions étudiées dans ce même but, par M. l'Ingénieur en chef Heusinger von Waldegg. *Organ fur....* V. 1875.

Il est également bon, dans certains cas, de recourir à des estacades, à des quais étroits compris entre deux files de voies[1].

Avec ces diverses dispositions, le prix de transbordement peut descendre jusqu'à 15 et même 10 centimes par tonne manutentionnée; mais, sans ces précautions, il faut compter sur un prix beaucoup plus élevé, et nous pourrions citer une gare de jonction de deux compagnies, dans un département, où le prix moyen de 75 centimes est loin d'être rémunérateur.

Aux exemples de prix antérieurement donnés à la Société, nous ajouterons les suivants, dus à M. Fairlie : en Amérique, gare de Dunkirk, 0f.35 par tonne; au chemin d'Anvers à Gand, station de Lokeren, 0f.42; sur un chemin belge, 0f.15; en Suède, 0f.20; à Montepone (Sardaigne), 0f.20.

Dans un rapport récemment présenté au gouvernement belge, M. Dumon inspecteur général des ponts et chaussées, émet l'opinion que les frais de transbordement n'entrent que pour une part insignifiante dans les dépenses d'exploitation. La perte occasionnée par le transbordement de la houille, par exemple, varie de 1 à 3 pour 100 seulement.

Pour ce qui est des retards, un wagon de 8 à 10 tonnes demande 4 heures de travail, à deux hommes, alors que tout transit donne 24 heures aux compagnies[2].

Grande réduction de poids mort due à la voie étroite. — Le poids mort des véhicules pour la voie de 1m.50, a été toujours en augmentant à cause de l'accroissement et de la vitesse et de la longueur des convois. Les voitures de première classe de la ligne de Paris à Orléans pesaient à l'origine 140 kilogrammes par place offerte, celles de l'Est et du Nord, construites quelques années après, pesaient 216 kilogrammes par voyageur. Aujourd'hui les premières d'Orléans pèsent 260 kilogrammes et celles de l'Est et du Nord 285 kilogrammes par place. Dans les voitures construites pour la voie étroite, le poids est de 120 à 200 kilogrammes par voyageur.

L'avantage est tout aussi grand pour le matériel à marchandises; le poids mort varie généralement de 400 à 500 kilogrammes par tonne transportée, pour la petite voie, tandis qu'il varie de 500 à 750 kilogrammes par tonne pour le matériel ordinaire.

Dans ces réductions du poids mort, la part afférente spécialement à la voie étroite, vient du rapprochement de certains point d'appui, ce qui permet de diminuer les équarrissages de pièces travaillant transversalement, telles que : essieux, traverses, etc.....

Nous nous proposons, pour continuer la série des exemples annoncés, de rendre compte maintenant de plusieurs lignes à voie étroite; nous groupons d'abord 4 lignes qui sont situées parallèlement à une route, et pour les autres nous suivrons l'ordre du tableau (*Annexe n° 2*).

1. Voir le plan de la gare commune de Bogsan. *Annales des ponts et chaussées.* Juin 1876.
2. *Notes relatives aux chemins à voie étroite.* Clément-Desormes, Lyon, 1874, page 8.

§ 1. — CHEMINS DE FER PLACÉS AU BORD D'UNE ROUTE.

a) Chemin de fer de Lagny aux carrières de Neufmoutiers et à Mortcerf (n° 5 du tableau). — Cette ligne est en exploitation sur 15 kilomètres, et doit être prolongée de 8 kilomètres pour se raccorder à Mortcerf, à l'embranchement de Coulommiers. Exécutée d'abord pour le transport des pierres, et par suite concédée par l'État comme ligne industrielle, elle a été, sur les instances des populations et du conseil général de Seine-et-Marne autorisée à transporter des voyageurs : toutefois ce service n'a pris jusqu'à ce jour que peu d'extension, la ligne étant encore séparée de la gare de l'Est à Lagny par 2 kilomètres, franchis à l'aide d'un omnibus de correspondance.

La proximité de ce chemin de Paris (28 kilom.) permet de s'y rendre facilement, et ce voyage doit être conseillé à toute personne qui veut voir par elle-même à quel point les chemins de fer de ce type ressemblent extérieurement à ceux de $1^m.50$, et quels services ils peuvent rendre.

La voie, au départ de la gare très-simple et économique de Lagny[1], s'engage dans une tranchée peu haute et peu longue, puis elle longe un bois, au détour duquel elle trouve une route départementale. Le chemin de fer est situé parallèlement à la route, dont il est séparé par un fossé ; il n'a pu être mis sur l'accotement de la route parce que l'administration des travaux publics n'a pas cru jusqu'à ce jour pouvoir aliéner, ou du moins pouvoir distraire une bande de la route de l'usage public auquel elle était destinée : une loi à l'étude doit trancher cette question en faveur des chemins de fer secondaires. Le chemin de Lagny, en longeant la route, a obtenu cet avantage de ne couper que des bouts de champs et de ne pas séparer des exploitations, conditions qui se traduisent par une diminution des indemnités et du prix des terrains.

La voie est à l'écartement de 1 mètre entre les rails. Ces derniers sont du poids d'environ 16 kilog. par mètre : hauteur $0^m.80$, largeur de base $0^m.65$, largeur du champignon 0.04. Les traverses sont espacées de $0^m.75$ en moyenne. La largeur du chemin en couronne est de 3 mètres, et de $2^m.60$ au sommet du ballast (fig. 4, pl. 79).

Les locomotives à 6 roues couplées, du type de Fives-Lille (fig. 11, pl. 79), pèsent 13 à 14 tonnes en charge. Les wagons à houille ou à pierre pèsent $2^t,4$ pour une charge de 5 tonnes. Il existe des wagons destinés au transport exclusif des pierres, et dont la construction ressemble aux wagons de terrassements : le poids mort est encore plus faible que pour les précédents. Les voitures à voyageurs sont de trois sortes : une mixte à 3 compartiments (de $2^m,16$ de largeur intérieure), un de 1re (au milieu), à 6 places ; un de 2e et un de 3e classe, à 8 places chacun ;

1. Le bâtiment des voyageurs, le hangard à marchandises et le réservoir d'eau auraient coûté moins de 14,000 francs. *Oppermann, Traité des chemins de fer économiques*. 1873.

ensemble, 22 places. Une 3e classe à 3 compartiments et à 24 places, et une 1re classe à 18 places. Ces véhicules pèsent environ 3t,5 à vide.

Nous croyons pouvoir dire qu'un chemin construit dans des conditions analogues, mais encore plus économiquement parce que la voie serait placée sur l'accotement d'une route, est sérieusement à l'étude dans le même département[1].

b) *Turin à Rivoli* [n° 54 du tableau]. — Cette petite ligne, de 12 kilomètres, met en communication Turin avec une banlieue très-fréquentée. Elle est établie sur l'accotement d'une large avenue, et est desservie par des locomotives.

La plate-forme a 3m.20 de largeur, le balast 2m, sur 0m.40 d'épaisseur. La largeur de la voie est de 0m.90 entre les rails; ces derniers pèsent 21k.5, et reposent sur des traverses de 1.80 × 0.12 × 0.20, espacées de 0m.80 en moyenne.

La pente maxima est de 17 millimètres par mètres.

Les locomotives-tender à 4 roues accouplées, par Saint-Léonard de Liége, pèsent environ 11 tonnes en charge.

Les voitures à voyageurs, de deux classes seulement, pèsent 2,600 kilogrammes environ; leur faible largeur ne permet de mettre que 3 personnes par banquettes : de nouvelles voitures auront 4 places par siége.

La vitesse moyenne des trains est de 20 kilomètres à l'heure[2].

Plusieurs chemins à voie étroite sont très-sérieusement à l'étude, et la concession de l'un d'eux est obtenue, près du lac de Lugano.

c) *Lausanne à Echallens* [n° 57 du tableau]. — Ligne de 15 kilomètres de longueur, partant de Lausanne à peu de distance de l'extrémité du Grand-Pont, à 20 minutes de chemin environ de la gare de la Compagnie de la Suisse-Occidentale. Dès sa sortie de la gare, la ligne entre dans une rue peu large où la voie a dû être posée en tramway, c'est-à-dire sans saillie, et sans clôture. Pendant plusieurs centaines de mètres le train marche au pas, précédé par un homme frayant le chemin.

Les exigences de plusieurs communes ont conduit à établir le chemin en plein champ sur le quart de sa longueur environ; par contre, quelques villages se sont laissé traverser par la ligne. En outre, la route suivie a dû être élargie de près de 1m.80 en moyenne, sur toute la longueur empruntée, afin de laisser une voie de 5m.40 à la circulation ordinaire.

La ligne présente une courbe de 60 mètres de rayon, 9 de 100 mè-

1. L'un des promoteurs est M. E. Chabrier, auteur d'un remarquable Rapport sur les chemins de fer agricole. — *Société des agriculteurs de France*. Tome V, séance du 11 février 1874. — Tome VI, séance du 6 février 1875.

2. Des renseignements plus complets sont donnés par MM. Joyant et Dumont. Procès-verbal de la séance du 7 janvier 1876 de la Société des Ingénieurs civils.

tres, etc. Le maximum des inclinaisons est de 0.04 sur 600 mètres, 0.036 sur 500 mètres et 0.03 sur 795 mètres.

Le balast a 2 mètres de largeur en couronne et une épaisseur de 0m.30, formant une pareille saillie au-dessus de la route d'après le type de la fig. 5, pl. 79. Hors de la route, la plate-forme a 3 mètres de largeur en couronne, offrant une banquette de 0m.20 de chaque côté.

Le matériel roulant et le matériel fixe proviennent du chemin provisoire du mont Cenis (système Fell) et sont trop forts pour l'usage auquel ils sont destinés.

La voie, à écartement de 1 mètre, est composée de rails de 6m,40 de longueur, pesant 29 kilog. le mètre, portés par 6 traverses espacées de 1m.16, sauf au joint, qui est éclissé en porte-à-faux. Ces traverses ont 1m.50 de longueur, sur 0m.16 de largeur et 0m.12 de hauteur.

Les bâtiments des petites gares sont en bois et se composent de deux petites salles fermées, comprenant entre elles une troisième salle, fermée de trois côtés seulement et formant abri pour le public.

Les deux machines, achetées à la liquidation du mont Cenis et profondément modifiées, n'ont pu convenir au service et ont été remplacées par deux petites locomotives du Creusot, pesant 8 tonnes en charge, et une de Krauss de 14 tonnes.

La vitesse des trains est d'environ 20 kilomètres à l'heure[1].

d) *Chemin du Broëlthal* (Prusse-Rhénane) [n° 52 du tableau]. — La Société a eu connaissance, en 1868, des principales données du chemin du Broëlthal, qui, à cette époque, consistait en une ligne construite sur une route, le rail intérieur étant à fleur du sol[2]. Tout récemment, ce chemin a été prolongé de 10 kilomètres, en dehors de la route, en pleins champs, moyennant une subvention de 225,000 fr. Le prix du kilomètre est descendu de 27,000 à 25,000 fr.; mais, depuis cette extension, et depuis l'admission des voyageurs, la ligne ne fait plus les mêmes bénéfices qu'autrefois.

La fig. 6 de la planche 79, représente la coupe transversale de la chaussée. Le jeu pour le passage des boudins est obtenu au moyen de la dépression du macadam; il n'y a aucun contre-rails, bien que le niveau des rails soit au niveau de la chaussée, comme dans un tramway. Cette disposition n'a offert aucun inconvénient, et elle a été plus tard repro-

1. M. Moschell : — Journal suisse *Eisenbahn*. Septembre 1874 :

MM. Joyant et Dumont ont donné sur ce chemin d'intéressants renseignements, consignés dans le procès-verbal de la séance du 7 janvier 1876 de la Société des Ingénieurs civils et dans les mémoires de 1876. 2e bulletin. Le service des gares intermédiaires est fait par les *facteurs de la poste*, qui arrivent quelques instants avant les trains, et distribuent les billets. Ils reçoivent de la Compagnie pour ce service, un franc par jour. Il existe également des carnets d'abonnement au parcours kilométrique et au porteur, dont le mécanisme est simple et ingénieux.

2. Voir aussi les *Annales du Génie civil* de 1869 (livraisons de mars et avril), dans lesquelles nous avons donné une description détaillée et des dessins de cette ligne.

duite dans les tramways de Stuttgard, dans un embranchement près de Strasbourg, et aux abords d'un pont sur le port de Dieppe.

Il n'y a qu'un seul train par jour, dans chaque sens, et une seule voiture suffit au service des voyageurs.

§ 2. — CHEMINS A VOIE ÉTROITE SUR CHAUSSÉES SPÉCIALES.

1. *Mines de Rochebelle* (Gard) [n° 7][1]. — Établies par la Compagnie des Fonderies et Forges d'Alais, pour amener des charbons à Tamaris : chemin exclusivement industriel. Sa longueur est de 1.861 mètres; il présente une rampe maxima de $0^m.018$ sur 486 mètres, et le rayon minimum des courbes est de 60 mètres. Les locomotives du petit modèle du Creusot remorquent 20 wagons vides, pesant ensemble 10,000 kilog., sur la rampe de $0^m.018$. La vitesse moyenne, pour tout le trajet, est de 11 kilomètres à l'heure. En 1873, le prix de revient de l'exploitation a été de $0^f,33$ par tonne, pour un transport de 66,000 tonnes, soit $0^f,177$ par tonne kilométrique.

2. *Mines de Cessous et Trebiau* (Gard) [n° 8][2]. — Pour réunir ces mines au chemin de fer, il a été nécessaire de percer plusieurs tunnels et de construire un viaduc métallique de 171 mètres de longueur, et dont une pile a 51 mètres de hauteur. Toutefois, les locomotives ne passent pas sur le pont. Cette ligne ne transporte que des charbons.

Les pentes ne dépassent pas 5 millimètres par mètre. Les courbes descendent jusqu'à 25 mètres de rayon ; les souterrains sont tous en alignement droit. La voie a $0^m.80$ d'axe en axe, $0^m.766$ entre les rails. Les rails autrefois en fer de 5 mètres de longueur, aujourd'hui en acier de 6 mètres de longueur, pèsent 12 kilog. le mètre. Le nombre des traverses, de 7 à l'origine, a été porté à 9 et 10, de $1^m.50$ de longueur, sur $0^m.10 \times 0^m.12$, en chêne. Le devers, primitivement de 3 centimètres dans les courbes de 25 mètres, a été porté à $0^m.07$. Le balast a $0^m.40$ de hauteur.

Les wagons sont ceux de la mine, pesant à vide 450 kilog., et contenant moyennement 925 kilogrammes.

Les locomotives, au nombre de 2 (provenance A. Kœchlin), sont assez lourdes pour la voie et pèsent 8,000 kilog. en charge. Elles fonctionnent à une vitesse d'environ 15 kil. à l'heure, en remorquant 65 wagons. Destinées à fonctionner longtemps dans un souterrain de petite section, elles présentent une disposition spéciale, calquée sur celle des locomotives du Metropolitan de Londres, pour faire passer la vapeur d'échappement au-dessus des caisses à eau, où elle se condense partiellement.

1. D'après M. l'ingénieur Ledoux. *Annales des Mines*, 1874. 1er semestre.
2. *Id.*

3. *Chemin de Mokta-el-Hadid* (Algérie) [n° 13][1]. — Construit pour amener à la mer, à Bône, les produits des mines de fer de Mokta-el-Hadid, province de Constantine.

La plate-forme est plus large qu'il n'est nécessaire, et présente 4 mètres à la couronne : la voie est de 1 mètre. Il n'y a pas de courbes au-dessous de 250 mètres de rayon. La rampe maxima, dans le sens de la remonte des wagons vides, est de 0m.0085 sur 300 mètres; dans l'autre sens, la rampe maxima est de 0m.0063 sur 500 mètres.

Les rails, du poids de 20 kilog. le mètre, étaient en fer autrefois; ils sont en acier maintenant, et de 6 mètres de longueur. Les joints sont éclissés en porte-à-faux. L'espacement moyen des traverses est de 0m.75; leur longueur est de 1m.80, leur épaisseur 0m.12 et leur largeur 0m.18 à 0m.20; elles sont en chêne. Le prix du mètre courant de voie balastée est de 17f,72 avec les rails en fer, et de 28 fr. avec les rails en acier, aux anciens prix du métal. La fig. 15, pl. 79, donne le profil du rail en acier.

Les locomotives sont à 6 roues couplées, pesant vides 16,400 kilog. et en charge 21,000 kilog., construites par A. Kœchlin et Cie. Elles sont au nombre de 6.

Quelques véhicules ont été aménagés pour le transport des ouvriers.

Les 225 wagons à minerai sont de deux catégories : 1° en bois, pesant 1,900 kilog.; 2° en fer, pesant 2,100 kilog. Leur charge est de 5 tonnes.

Les trains, formés de 40 wagons, pèsent, bruts, 310 tonnes, locomotive comprise. Ils marchent à une vitesse de 17 kilomètres à l'heure. Il y a 7 trains par jour dans chaque sens.

4. *Gorsedda* [n° 21][2]. — Cet embranchement aboutit au port de Portmadoc, et forme avec le Festiniog et le Croësor, la troisième ligne desservant les carrières de ce district du pays de Galles.

La largeur de la voie est celle de Festiniog, 0m.60. Les rails à double champignon pèsent seulement 10 kilogrammes par mètre. Les traverses sont espacées de 0m.58 en moyenne, et ont 1m.22 de longueur, sur 0m.125 d'équarrissage. Le poids maximum par essieu n'atteint pas 2t.5.

Le maximum des inclinaisons atteint 4 centimètres par mètre, et le minimum des rayons de courbure est de 40 mètres.

Les locomotives-tender à 4 roues accouplées et à chaudière verticale pèsent 4t.5 en service : elles remorquent environ 4 fois leur poids sur les rampes de 4.

5. *Chemin de Dinorwic* [n° 22]. — Petite ligne du pays de Galles, desservant des carrières d'ardoises. La voie a 0m,58 de largeur seulement, et néanmoins le trafic est conduit par des locomotives.

6. *Tallylin* (pays de Galles) [n° 23]. — Embranchement de 13 kilomètres,

1. D'après M. Ledoux. *Annales des Mines*, 1874.
2. *Engineering*, 11 juin 1875.

pour les carrières d'ardoises d'Aberdovey, près Tallylin, et allant à Abergynolwyn. Il transporte également des voyageurs. La voie est à l'écartement de $0^m.68$. La ligne monte depuis Towin jusqu'à l'autre extrémité; elle présente une rampe de $0^m.015$ sur 800 mètres, et de $0^m.013$ sur une grande portion de sa longueur. Au commencement de l'année 1871, deux locomotives suffisaient pour le service : l'une d'elles est à 6 roues dont 4 accouplées à l'avant, et l'autre est à 4 roues toutes couplées. Ces machines remorquent des trains de 33 à 35 tonnes, à des vitesses de 28 kilomètres à l'heure. (*Engineering.* 1er vol. 1871, page 67.)

7. *Arsenal de Chatam* [n° 24]. — Divers ateliers sont réunis par une voie dont la majeure partie constitue un tramway formé de longues plaques de fontes portant deux rainures espacées de $0^m.45$. Une toute petite locomotive à bâtis et manivelles extérieures a été construite par Manning-Wardle pour circuler sur ce diminutif de voie. Cette machine peut rivaliser avec la locomotive *Tiny*, des ateliers de Crewe. (Fig. 12, pl. 79.)

8. *Petite ligne de Buscot-Park* [n° 25]. — Ce chemin à voie de $0^m.75$ dessert une exploitation agricole consacrée principalement à la culture des betteraves, une très-petite locomotive à 4 roues y circule[1].

9. *Norvége* [nos 26 à 32]. — Des renseignements ont été donnés à la Société, par M. Gottschalk, en 1868, sur les chemins alors établis. Depuis lors, trois embranchements mesurant 104 kilomètres ont été ouverts, et nous les trouvons décrits dans un article récent[2]. Leur construction est analogue à celle des premières lignes; les rails pèsent $17^k.5$ à 20 kilog. le mètre, et reposent sur des traverses espacées de $0^m.76$, sauf au joint qui est éclissé en porte-à-faux sur des traverses espacées de $0^m.45$. Les traverses, de $1^m.80$ de longueur, sont en bois de sapin, demi-rondes, de $0^m.22$ de diamètre.

La largeur en couronne est de $3^m.80$; le balast a une épaisseur de $0^m.50$ et une largeur au sommet de $2^m.44$.

En outre, 20 kilomètres sont en construction et 280 sont en projet. Sur ces diverses lignes, les inclinaisons maxima atteignent $0^m.022$, et le rayon minimum des courbes est de 180 mètres.

Les stations les plus simples consistent en un bâtiment en bois dont une aile sert pour les marchandises.

Le prix pour trois embranchements est, par kilomètre, de 54,000, 41,000 et 109,000 francs.

La vitesse des trains, *arrêts compris*, est de 20 à 25 kilomètres à l'heure et de 30 kilomètres pour les trains directs.

Nous aurons occasion de parler plus loin des frais d'exploitation de ces lignes.

1. *Engineering*, 1er semestre 1871, page 13.
2. Par M. l'ingénieur Lavoine. *Annales des ponts et chaussées.* Juillet 1874.

10. *Suède* [n°s 33 à 42]. — Tandis qu'en Norvége les chemins à voie étroite ont été construits par l'État (après essai de chemins à rails de 25 kilogrammes et à voie normale), en Suède ce sont les Compagnies particulières qui ont construit plus de 363 kilomètres de ces chemins, avec des voies dont la largeur varie de 1^{m}.22 à 1^{m}.07. Un petit chemin de 10 kilomètres a même été établi avec voie de 0^{m}.78, entre deux lacs, et ne transporte qu'exceptionnellement des voyageurs.

L'article des *Annales*, déjà cité pour les chemins norvégiens, nous mettra à même de donner plus loin des renseignements intéressants sur l'exploitation.

11. *Chemin impérial de Liwny* (Russie) [n° 43 du tableau]. — La construction de cette ligne a été le résultat d'un rapport favorable à la voie étroite, rédigé par une commission envoyée par le gouvernement en Angleterre, en Suède et en Norvége (1870).

Le pays présentait certaines difficultés de construction[1]. Au milieu de sa longueur, la ligne traverse la rivière Linbovsha sur un viaduc de 128 mètres de long. A ce point, le niveau des rails est 108 mètres plus bas qu'aux stations extrêmes. La plus forte rampe admise est de 0^{m}.125; elle règne sur 8,850 mètres dans un sens et 6,440 mètres dans l'autre.

Les rails ont 6^{m}.10 de long, pèsent 22^{k}.3 et ont 0^{m}.102 de haut. Le matériel roulant comprend : deux locomotives-tender pesant 17 tonnes, et 5 locomotives Fairlie, 17 voitures à voyageurs et 266 wagons à marchandises.

12. *Novgorod Tchudowo* (Russie) [n° 44]. — Construit plus spécialement pour les voyageurs[2], dans un pays plat.

13. *Ebensee-Ischl* (Autriche) [n° 47]. — Cette ligne est également appelée à transporter beaucoup plus de voyageurs que de marchandises. Elle relie le lac de la Traun aux bains fréquentés d'Ischl, et se trouve isolée du réseau général des chemins de fer d'Autriche. D'ailleurs le point de débarquement opposé sur le lac est la ville de Gmünden, reliée également par un chemin à voie étroite à la station de Lambach, du chemin allant de Munich à Vienne par Salzburg[3].

14. *Chemins du domaine de la Compagnie des chemins de fer de l'État. De Reschitza à Moravicza* (Autriche-Hongrie) [n° 48]. — Ces lignes sont situées dans le Banat, et sont construites sur un type uniforme, à voie de 0^{m}.948 entre les rails.

1. A. Stevart. Les chemins de fer à voie étroite en Europe. *Revue universelle des Mines*. 1874.
2. *Id.*
3. *Engineering*, du 12 décembre 1873, donne le dessin d'un wagon couvert destiné à cette ligne et exposé à Vienne en 1873. Une locomotive était également exposée.

La largeur de la plate-forme en couronne est de 3 mètres en remblai et de $3^m.15$ en déblais, fossés compris; le balast a $2^m.05$ de largeur et $0^m.250$ de hauteur, ces deux dimensions étant prises au niveau du dessus de la traverse.

Les rails, de $0^m.079$ de hauteur et de 6 mètres de longueur, pèsent $17^k.4$ le mètre. Ils sont éclissés en porte-à-faux et reposent sur neuf traverses, celles qui comprennent le joint étant espacées de $0^m.45$, et les autres de $0^m.694$. Ces traverses ont $1^m.65$ de longueur.

Le chemin et ses branches sont desservis par 3 locomotives-tender, dont l'une figurait à l'Exposition de Vienne. Elles sont à 4 roues accouplées et pèsent $11^t.5$ en charge[1].

15. Lignes du gouvernement de Hongrie. — *Banreve-Nadasd* [n° 49]. — Le gouvernement hongrois a décidé la construction d'un certain nombre d'embranchements à voie de 1 mètre. Celui qui nous occupe en ce moment, se raccorde à la ligne de Pesth-Miskolez-Banreve, et il a 31 kilomètres de longueur.

Les rails pèsent 15 kil. par mètre; les traverses ont $1^m.70$ de largeur sur 0.12 d'épaisseur.

La couche de balast est de $0^m.13$ au-dessous des traverses. La largeur de la plate-forme est de $3^m.20$.

Les courbes ont au minimum 80 mètres de rayon, et les inclinaisons maxima sont de 2 centimètres par mètre.

Les locomotives à 4 roues accouplées pèsent 14 tonnes en service, le tender 8 tonnes.

Schemnitz [n° 50]. — Cette ligne, de 23 kilomètres de longueur, construite par le gouverment hongrois, dans les mêmes conditions générales que la précédente, se détache de la gare de Garam-Berzencse, de la ligne de Pesth à Ruttka. Elle est dans un pays accidenté, et les ingénieurs estiment que sa construction à la voie normale eût coûté trois fois plus que la voie réduite[2].

16. *Chemin à rails en bois, près Agram, Croatie* — L'emploi des rails en bois est ici d'autant mieux justifié qu'il s'agit d'un chemin établi pour l'exploitation des forêts de M. Weiss[3].

Des rails en bois ont été également employés comme voies de remisage par une Société de location de wagons de Pesth.

17. *Embranchements du chemin de fer de l'État prussien de la Silésie Supérieure* (Oberschlesische) [n° 53]. — Ces lignes sont destinées à raccorder à la grande voie des usines ou des mines; elles sont à voie de $0^m.75$.

1. *Les locomotives à l'Exposition de Vienne*, par MM. Deghilage et J. Morandiere.
2. *Engineering*, 6 mars 1874.
3. Heusinger von Waldegg. *Organ fur...* IV, 1873.

Les wagons en fer pèsent 1t.6 à vide, ils arrivent sur des estacades et sont versés dans les wagons de la voie normale[1].

18. *San Leone* (*Sardaigne*)[2] [n° 55]. — Ligne assez accidentée, construite par MM. Petin-Gaudet, pour amener des minerais de fer à la mer. Les rails pèsent 13 kilog. à simple champignon, et non éclissés. Les traverses sont espacées de 0m.75 à 0m.67, les premières ont duré sept ans. Des traverses en fer ont été essayées sur une section lors du remplacement, en 1872; on a dû renoncer à ces dernières dans les courbes. Les traverses en bois ont 0m.12 sur 1m.40 de longueur. En somme la voie est faible, même avec des machines pesant 6t.6, et la vitesse est limitée à 8 à 10 kilomètres à l'heure.

Les wagons pèsent 1,310 à 1,450 kilogrammes, et portent de 3,100 à 3,500 kilog. Ils sont montés sur roues en fonte, sans ressorts. Les trains de 12 wagons pèsent bruts 57 tonnes. Sur la rampe de 40 millimètres les machines remorquent 6 wagons vides pesant 9 tonnes et franchissent une courbe de 60 mètres de rayon.

Le prix de la tonne transportée (21,000 tonnes par an) est de 1f.72, soit 0f.115 par tonne kilométrique.

19. *Monteponi* (Sardaigne) [n° 56]. — La ligne est dans de meilleures conditions que la précédente. Les wagons sont dignes de remarque, construits en fer et couverts, ils pèsent seulement deux tonnes pour un chargement de 5 tonnes.

20. *Chemins de terrassements du Nord-Est* (*Suisse*)[3]. — Cette Compagnie prête à ses entrepreneurs pour les terrassements et le balastage des voies un matériel de chemins de fer complet à la voie de 0m.75. Les rails d'un profil bien étudié pèsent 11k.5 le mètre (fig. 17, pl. 79).

21. *Société des chemins de fer secondaires* (Suisse) [n° 59]. — Les chemins de fer à voie de 1 mètre paraissent destinés à se développer rapidement en Suisse. Un premier tronçon a été ouvert en 1875 par la Société, et permettra de juger sur place des services qui peuvent être rendus.

Le tableau donne les principales conditions d'établissement de ces lignes. Nous ajouterons les suivantes : largeur du balast au niveau du dessus de la traverse, 2m.40 ; hauteur, variable suivant le sol, de 0m.25 à 0m.50 (fig. 2, pl. 79).

Les traverses ont 1m.80 de largeur et sont au nombre de 9 à 10 par rail de 7m.90. Ceux-ci pèsent 24 kilogrammes le mètre.

1. *Organ.* 1868, IV.
2. M. Stevart, déjà cité. — M. Ledoux, déjà cité. — M. Leseure, *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1866.
3. *Eisenbahn.* 23 et 30 juillet, 20 août 1875.

Les gares du plus petit modèle comprennent sous le même toit le service des voyageurs, une petite halle à marchandises et le logement du préposé.

A la station de jonction de Wynkeln, une grue est prévue pour les transbordements.

Les voitures sont du système américain, ou bien à 4 roues et couloir. Leur largeur extérieure est de 2m.40. Les wagons couverts pèsent 3 tonnes pour un chargement de 7 tonnes[1].

22. *Chemin d'Ergasteria. Mines du Laurium* (Grèce)[2]. Cette ligne a été dans ses détails copiée sur celle de Mokta-el-Hadid. Le rail en acier, de 20 kilog, de 0m.090 de hauteur, pour 0m.075, s'est bien comporté même dans les courbes raides, et sous le poids de 8 tonnes des essieux d'arrière des locomotives. Les traverses ont 1m.60 de longueur, sur 0m.12 d'épaisseur, 0m.18 de largeur, et 0m.20 au joint. Elles sont au nombre de 8 par barre de 5m.50, écartement moyen 0m.70.

La plate-forme a 3 mètres de largeur; en déblai, avec les 2 fossés, 4m.60. Le balast a 1m.80 de largeur au sommet, et 2m.50 à la base. La hauteur est d'environ 0m.30 à 0m.40.

Les locomotives de 23 tonnes remorquent 14 wagons vides, pesant chacun 2,650 kilog, sur une rampe de 0m.035, ou 7 wagons pleins pesant chacun 8,650 kilog, sur une rampe de 0m.026. La vitesse est de 10 kilomètres environ sur ces rampes, et elle varie de 12 à 20 sur le reste de la ligne.

Le prix de revient pour 41,000 tonnes a été de 0f.93 par tonne, et de 0f.14 par tonne kilométrique.

23. *Chemin de fer de l'Etat dans l'Inde anglaise* [nos 63 à 68]. — Après avoir décidé l'exécution de 1,600k à la voie de 1 mètre par suite de motifs d'économie, un examen plus approfondi au point de vue stratégique a fait revenir sur cette décision pour un certain nombre de lignes, et réserver la question pour d'autres. Néanmoins 250 kilomètres sont aujourd'hui en exploitation avec la voie réduite, et beaucoup plus sont en construction[3].

Les rails pèsent le plus souvent 20 kilog. le mètre courant, et sont portés par des traverses espacées de 0m.75 en moyenne.

Les voitures à voyageurs sont lourdes, et pèsent 3t.75 à 4t.36. Les wagons à marchandises sont dans de meilleures conditions, et pèsent de 2t.5 à 3 tonnes pour un chargement de 7 tonnes.

Les locomotives à 6 roues, dont 4 accouplées, sont estimées devoir peser 20 à 22 tonnes dont 16 à 18 utiles pour l'adhérence (fig. 10, pl. 79).

1. Voir le journal suisse *Eisenbahn*. Octobre 1874, juin 1875. *Engineering*. 1875.

2. D'après M. Ledoux.

3. La question des transports militaires a été étudiée en détail. Voir le rapport au gouvernement anglais dans *Engineering* du 2 décembre 1870.

Le poids relativement assez élevé des voitures à voyageurs s'explique par certaines exigences du climat indien. Pour se préserver de la chaleur, il faut de doubles planchers, et, au-dessus du plafond, à 20 ou 30 centimètres de distance, un *roof* ou deuxième toiture débordant notablement la première. Les voitures de 1re classe forment une sorte de salon, où prennent place seulement 7 personnes pendant le jour où 5 pendant la nuit. A l'avant, est un compartiment avec lavabo, etc., et à l'arrière se trouve un compartiment pour les servants[1].

D'après les *Annales des ponts et chaussées* de février 1876, une longueur de 1,662 kilomètres de lignes à voie étroite étaient en construction.

24. *Australie.* [n° 69 du tableau]. *Railways de Queensland.*— Le gouvernement provincial de cette partie de l'Australie, a adopté la largeur de 1m,07 pour les chemins de fer, et depuis près de 10 ans, plus de 330 kilomètres ont été mis en exploitation. Les lignes ouvertes avant 1867 présentaient des inclinaisons de 22 millimètres, et des courbes de 100 mètres de rayon[2].

Les locomotives étaient de 3 types, les deux premiers ont un tender séparé :

1° A 6 roues dont 4 accouplées, et un essieu de support à l'arrière, pourvu de *boîtes radiales, système Bridges Adam;* poids total 15 tonnes.

2° A 8 roues dont 6 accouplées ; poids 20 tonnes ;

3° A 12 roues, du système Fairlie, poids 30 tonnes ;

Les rails de ces mêmes lignes pesaient 20 kilog. par mètre, et reposent sur des traverses espacées de 0.75 en moyenne.

Les véhicules à voyageurs, offrent 30 ou 48 places suivant la classe, et sont à 6 ou à 8 roues.

Les wagons à marchandises sont à 4 ou à 6 roues.

Le prix varie, suivant les sections de 72,000 fr. à 180,000 fr. par kilom.

25. *Australie du Sud.* [n° 70]. *Port Wakefield à la plaine de Hoyle*[3]. — Cette ligne a été établie comme si elle devait être desservie par des locomotives, bien que la traction y ait été, dès l'origine, faite par des chevaux.

Elle traverse un pays facile, et a coûté 50,000 francs par kilomètre. Les rails du poids de 20 kilogrammes sont portés par des traverses espacées de 0m,70 centimètres.

Les tranchées ont 4m,80 de largeur à la partie inférieure, fossés compris. Une rampe continue de 12m.005 règne sur les 22 premiers kilomètres. Les voitures à voyageurs sont aussi légères que possible ; elles

1. Voir les dessins du rail et du matériel dans *Engineering* : Année 1872, 9 août, 6 septembre, 27 décembre.

2. *Light Railways* (chemins de fer légers. M. Fox. Institution des ingénieurs civils anglais, 1866.

3. *Engineering* du 8 avril 1870.

pèsent 2,000 kilogrammes, et peuvent contenir 40 personnes à l'intérieur, et 10 personnes sur la plate-forme.

Plusieurs chemins à rails légers, mais à la voie de $1^m,60$ primitivement adoptée dans le pays, ont été exécutés vers la même époque. Les conditions générales d'établissement sont les mêmes, sauf l'augmentation de largeur. Le prix a été de 70 à 80,000 francs. L'une de ces lignes est exploitée au moyen de chevaux ; sur une autre, les trains sont remorqués par des locomotives de 17 à 22 tonnes.

26. *Chemin de Denver et Rio-Grande* [nº 77 du tableau]. — Ce chemin de fer, qui part du Colorado, se prolonge dans le Texas. C'est une des premières longues lignes exécutées en Amérique à voie étroite.

Les voitures sont du modèle ordinaire américain, et assez confortables. Les locomotives, la plupart de Baird et Compagnie (ex-Baldwin) sont également une réduction du modèle américain, avec un truck Bissel à une paire de roue à l'avant.

Ce chemin possède aussi des locomotives du type Fairlie, dont le poids est de 26 tonnes réparti sur 12 roues.

Les wagons à marchandises sont à 8 roues et à 4 roues ; le nombre de ces derniers a une tendance à s'accroître, surtout en ce qui concerne les plate-formes et les wagons à charbon. Les poids indiqués au tableau se rapportent aux premiers échantillons de matériel livré, alors que les usines n'avaient aucune expérience de cette construction[1]; les nouveaux wagons sont moins lourds, paraît-il.

Les 120 premiers kilomètres ont coûté 46,000 francs par kilomètre ; mais pour le reste de la ligne où le pays est accidenté, la dépense kilométrique s'est élevée à 62,000 francs.

La Compagnie du Denver et Rio-Grande a publié en 1874 son deuxième rapport annuel, et à donné quelques renseignements sur son exploitation. Une liste des chemins de fer à voie étroite, que nous reproduisons aux annexes, établit ainsi la situation de ces lignes au 1er juillet 1874.

En exploitation.	3,280 kilog.
En construction.	12,155 kilog.

27. *Costa-Rica.* [nº 80][2]. — Divers tronçons d'un chemin, destiné à relier la capitale San José avec l'Océan Atlantique, sont en exploitation, et forment une longueur d'environ 60 kilomètres. La largeur de la voie est de $1^m,07$; les inclinaisons admises sont de 4 centimètres par mètre.

Le matériel qui circule sur ces lignes est du type américain.

Les rails pèsent 21 kilog., et les traverses sont espacées d'environ $0^m,80$.

28. *Pérou. Patillos.* [nº 82]. — Le but principal de cette ligne est

1. Voir *Engineering*, 1871 2e semestre, page 414 et 431.
2. Renseignements rapportés du pays même, par M. Ed. Morandiere, en 1876.

d'amener au port de Patillos le nitrate de soude fabriqué dans la montagne.

Les rails pèsent 17^{k}.5 le mètre.

Les rampes maximum sont de 35 millimètres, et les locomotives de 26 tonnes du système Fairlie y remorquent des trains de 80 tonnes, non compris leur poids.

Les wagons portent 6 tonnes et pèsent 2,200 kilog.

29. *Bolivie. Madeira-Mamoré* [n° 85]. — Ce chemin de 240 kilomètres de longueur a été entrepris par le Brésil et la Bolivie, pour suppléer à la navigation de la rivière Mamoré, sur un parcours où se rencontrent des rapides[1]. La largeur de 1 mètre a été adoptée.

Les wagons sont portés par des châssis en fer très-robustes[2].

30. *Brésil. Canta-Gallo* [n° 86]. — La première section de ce chemin traverse une montagne et a été munie, dans beaucoup de ses parties, d'un rail central, système Séguier-Fell, comme le chemin provisoire du mont Cenis. L'adoption de ce système a conduit à l'établissement de machines très-lourdes et, par suite, à l'adoption de rails de 32 kilog. pour la partie en montagne[3].

Résumé du chapitre II. — Les conditions d'établissement des chemins de fer à voie étroite sont des plus variées ; nous allons résumer les termes extrêmes. Le tableau inséré plus loin montrera qu'il existe en quelque sorte des chemins de fer à tous prix, depuis 6,000 francs par kilomètre.

Les largeurs de voie varient de 0,45 (arsenal de Chatam), à 1^{m}.22. Les plus usitées sont celles de 0^{m}.76, 0^{m}.93 (États-Unis), 1 mètre (Lagny, Inde), et 1^{m}.067 (Norvége, Russie). Les poids des rails sont de 12, 16, 17^{k}.5, 20, 23, 26 et 31 kilog. par mètre courant.

Rails de 12 kilog. en acier (Cessous et Trébiau), l'espacement moyen des traverses est de 0^{m}.60 pour des essieux de locomotives exerçant une pression de 4 tonnes. Les traverses ont $1.50 \times 0.10 \times 0.12$ pour une voie de 0^{m}.766.

Rails de 16 kilog. (Lagny), traverses espacées en moyenne de 0^{m}.75 et ayant $1.60 \times 0.10 \times 0.16$: locomotives de 4^{t}.5 par essieu.

Rails de 20 kilog. en fer (Norvége), traverses espacées de 0^{m}.75, en bois de sapin, demi-rondes de 0^{m}.22 de diamètre et de 1^{m}.80 de longueur. Les locomotives ont 7 tonnes par essieu. Pour le chemin de Mokta, les

1. *Engineering* du 3 mai 1872.

2. *Id.*, du 27 juin 1873.

3. Voir le dessin de la locomotive dans *Engineering* du 5 juillet 1872, et divers renseignements au compte rendu de la séance du 19 mai 1876. Pour la description de la ligne voir *Engineering* du 28 juin 1872, et la séance du 7 septembre 1872 de la Société des Ingénieurs civils.

rails sont en acier, les traverses ont 0^m.12 sur 0^m.20, les autres conditions étant analogues.

Rails de 23 kilog. (Suisse), espacement moyen des traverses 0^m.98 : les traverses ont 1^m.80 de longueur, et les locomotives exercent une pression de 7,5 à 8 tonnes par essieu.

Les courbes de plus petit rayon, 25 mètres de rayon, se trouvent sur le chemin de Cessous à Trebiau, et les rampes de plus forte inclinaison, 7,5 centimètres par mètre, sur le chemin de Tavaux, et en Algérie.

La vitesse des trains varie sur ces diverses lignes de 10 à 35 et même 40 kilomètres à l'heure.

CHAPITRE III.

CONSIDÉRATIONS DIVERSES SUR LA LARGEUR A DONNER AUX CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE.

La question de la largeur à donner aux chemins de fer à voie étroite a été vivement discutée. M. Spooner, l'ingénieur du chemin du Festiniog (à voie de 0,60), trouve que la largeur de 0,76 est suffisante. M. Fairlie, l'un des champions de la voie étroite, a indiqué dans nombre de mémoires et de meetings que la voie de 3 pieds (0^m.91) permettait d'obtenir une bonne utilisation du matériel, par rapport au poids utile transporté. Cette dimension a été admise par la plupart des chemins à voie étroite aux États-Unis, notamment par le Denver et Rio-Grande. L'administration de l'Inde anglaise a adopté comme largeur le *mètre*, entre les rails. D'un autre côté, la commission russe a conseillé l'adoption de la voie de 3 pieds 6 pouces (1^m,067), laquelle a été par suite adoptée en Livonie. Enfin divers chemins en Suède ont adopté la voie de 4 pieds (1^m.22).

Nous pouvons citer en France des voies de 0^m.80, 1 mètre et 1^m.10, et en Algérie des voies de 0^m.70, 1 mètre et 1^m.10.

Il est évident qu'il ne saurait y avoir de règles absolues sur ce sujet, et qu'une certaine latitude doit être laissée à ceux qui établissent les chemins. Mais, d'un autre côté, il est de leur intérêt, dans un même pays, d'adopter autant que possible une largeur uniforme, afin de trouver à l'avance chez les constructeurs, sinon des objets tout manufacturés, au moins des types et les modèles déjà exécutés, consacrés par la pratique, évitant des frais d'études et quelquefois des mécomptes. En outre, des embranchements isolés pourront s'entr'aider et se prêter momentanément du matériel en le chargeant sur des trucks de grande ligne pour le faire parvenir d'un point à un autre. Il est certain que l'économie de la voie réduite tient surtout à l'emploi de matériaux légers, et quelques centimètres de largeur de plus ou de moins ne peu-

vent changer du tout au tout les résultats économiques attendus. Parmi les diverses raisons qui peuvent porter à rétrécir la voie autant que possible, la principale est la facilité indiscutable donnée pour le passage dans les courbes[1].

Il faut cependant, dans cette réduction de la voie, se tenir dans une juste limite, car les voitures trop étroites donnent moins d'effet utile que les voitures suffisamment larges, et l'une des dispositions les moins bonnes est celle de l'omnibus avec banquettes en longueur; ce type, pour une largeur moyenne de 2 mètres, donne un demi-mètre carré de surface de plancher par voyageur, tandis que la voiture de Lagny nous donne seulement $0,43^{m^2}$ par voyageur; s'il s'agit d'une voiture à couloir extérieur ou intérieur (disposition presque indispensable pour une exploitation économique), il faut, en supposant $0^m,50$ de largeur par voyageur et des compartiments d'une longueur moyenne de $1^m,50$, une largeur de $2^m,10$ pour avoir la même utilisation que dans l'omnibus. Une largeur de $2^m,50$ à $2^m,60$ serait nécessaire pour rentrer dans les conditions de la voiture de Lagny.

Il est généralement admis que les voitures de la voie étroite peuvent avoir 2 fois 1/2 la largeur de la voie; par suite, $2^m.60$ à $2^m.50$ correspondraient à une voie de 1 mètre. La largeur de 0.90 adoptée en Amérique paraît donc un minimum pour des chemins transportant beaucoup de voyageurs, et la voie de 1 mètre paraît très-bien répondre au désidératum.

Mais, si le transport des voyageurs est accessoire, une voie de $0^m.75$ donnant encore une largeur de voiture de $1^m.80$, serait suffisante. Cette dimension extérieure est comparable à celle des camions, des charrettes et des autres voitures agricoles, ce qui permettrait aux wagons d'entrer sans difficulté dans les cours des fermes, ou dans les enceintes des entrepositaires, pour y être chargés directement. De la sorte le transbordement se trouvera ramené aux conditions actuelles, c'est-dire, à une seule opération exécutée dans la gare de jonction avec la grande ligne.

La question a été sinon résolue, au moins très-bien posée, dans un Mémoire rédigé par une Commission nommée spécialement par l'Union des chemins de fer allemands[2]. La conclusion est qu'il est de l'intérêt commun, concessionnaires et exploitants, de n'avoir que deux largeurs, 0,75 et 1 mètre. La première, avec rayon minimum de courbes de 60 mètres, serait employée lorsque les transports minéraux domineront; la deuxième largeur, avec rayon minimum de 80^m, conviendrait pour les nombreux transports de voyageurs, de bestiaux ou matières volumineuses.

La Suisse s'est pratiquement rangée à cet avis, comme nous avons pu le voir par les quelques exemples cités; et la Hongrie a adopté la voie de 1 mètre pour quelques lignes établies par le Gouvernement.

1. M. Goschler a donné la démonstration théorique de ce fait, dans les mémoires de la Société des Ingénieurs civils. 1873. 2e cahier, page 354.

2. *Organ* de 1869. Un extrait est donné dans l'Annexe n° 8.

CHAPITRE IV.

DES TRAMWAYS CONSIDÉRÉS COMME CHEMINS DE FER ÉCONOMIQUES.

Les tramways doivent être comptés parmi les chemins de fer économiques; ils peuvent s'établir sur une route existante, et par suite évitent la dépense de la construction d'une chaussée spéciale. Toutefois le type qui se trouve jusqu'à ce jour adopté pour les rues est très-cher et ne doit être employé qu'avec discernement ou après modification.

En effet, le tramway de Paris à Versailles, construit sur le milieu de la chaussée d'une route, en rails de 16 kilog., a coûté, rien que pour l'établissement de la voie (sans les bandes latérales en pavé reconnues nécessaires aujourd'hui), la somme de 16,000 francs par kilomètre; tandis que le chemin de Tavaux-Pontséricourt n'a coûté que 12,000 francs pour ce chapitre. La forme du rail du tramway prend une grande partie du métal pour la rigole et le contre-rail, de sorte que la hauteur est notablement moindre que dans le rail de 13 kilogrammes de Tavaux-Pontséricourt. La longrine en bois compense, il est vrai, cette diminution de force, mais elle-même devant être faite en bois équarri est une source de dépense. En outre, les traverses donnent à la voie un entretoisement indispensable lorsqu'il s'agit de circuler avec des locomotives.

Si nous exceptons le Broelthal, et quelques essais de locomotives avec ou sans feu dans divers pays, nous ne connaissons pas d'exemples de tramway à vapeur[1]. Nous en aurons bientôt un aux portes de Paris, après la transformation du chemin du Port-Marly, mais ce ne sera pas un chemin économique. Les rails Vignoles pèseront 35 kilos, et d'après une note au *Journal officiel* du 13 septembre 1874, la dépense de la voie sera d'environ 35,000 francs par kilomètre. Le prolongement jusqu'au bassin de Marly-le-Roi devait-être, paraît-il, exécuté d'après un type spécial, variante du système Séguier-Fell, sur lequel l'attention de la Société a été déjà attirée[2]. Mais il paraît que cette complication bien inutile est maintenant écartée.

Le même article de l'*Officiel* nous indique qu'un décret a été délibéré en conseil d'État pour la concession d'un autre tramway à vapeur de Perpignan au Pont-du-Ceret, et que le conseil d'État a été d'avis que les lois et règlements actuels concernant la police de la grande voirie étaient insuffisants pour garantir la circulation des tramways à vapeur, et ne

1. Les essais faits en France ont déterminé la nomination d'une commission chargée d'examiner la question de la traction mécanique sur les tramways. Le *Journal officiel* du 27 août 1875 donne à la page 7284 le texte de la loi promulguée en Belgique le 9 juillet 1875 sur les tramways à traction animale ou mécanique.

2. Voir système Goudal et Saint-Pierre, Séances et Bulletin de 1869.

permettaient pas de dresser procès-verbal contre ceux qui y laisseraient séjourner des bestiaux, charrettes, etc. En conséquence, un projet de loi et un projet de règlement d'administration sont à l'étude sur ce sujet. Ils ont été déposés à l'Assemblée nationale le 17 mars 1875. Sur les routes les contre-rails disparaîtraient, et une disposition analogue à celle adoptée au Broelthal pourrait être adoptée[1].

Une bonne précaution consisterait à donner extérieurement à la locomotive la physionomie des wagons, comme on le fait en Amérique, même pour les chemins aériens de New-York. Il a été reconnu que les chevaux étaient ainsi bien moins effrayés.

Réduction dans le prix d'établissement de la voie des tramways. Nous venons de dire que la voie des tramways coûtait cher, surtout dans les villes; quelques lignes de Londres ont dépensé 100,000 francs par kilomètre de double voie, et le rapport de la Compagnie des omnibus de Paris, présenté à l'Assemblée générale des actionnaires du 31 mars 1876, nous apprend que la voie de la ligne de l'Étoile à la barrière du Trône ressort à 61,602 francs par kilomètre.

Quelques essais ont été faits pour diminuer le prix de la voie des tramways. Nous pouvons citer les suivants :

Tramways de Laeken (Bruxelles) et de Louvain (1873-1874). — Le rail employé est un rail en U, sorte de rail Brunnel sans ailes, pesant 11 kilog. le mètre, qui se pose à cheval sur la longrine. La rigole pour le passage des boudins est formée par les pavés qui bordent le rail (fig. 18, pl. 79).

Tramways de Stuttgard (1868). — La voie est entièrement en fer, et formée d'un rail de 26 kilog., système Hartwich, de $0^m.185$ de hauteur, et de $0^m.09$ de largeur à la base, et de $7^m.45$ de longueur. Les rails sont éclissés et maintenus, en outre, par des entretoises rondes en fer. La rigole est faite par une entaille ménagée dans les pavés de bordure. La voie complète pèse 55 kilog. par mètre, et le rail est trop robuste pour le poids des véhicules supportés.

Tramways du faubourg de Schiltigheim, à Strasbourg (1872). — Cette ligne reliée à l'embranchement *des Brasseurs* sert exclusivement au

1. Voir aux Annexes le texte de ces projets.

L'adoption de la disposition de voie sur un accotement en saillie (type de Tavaux), disposition que les motifs développés au présent chapitre signalent comme la plus avantageuse à tous égards, ne paraît admise que comme tolérance, d'après la rédaction actuelle de l'article 1er du projet de règlement.

L'article 9 impose l'ordonnance de 1846 aux nouveaux chemins; or cette mesure n'a même pas encore été prise à l'égard de chemins d'intérêt local, on se contente pour eux d'insérer dans le cahier des charges les dispositions principales à observer. S'il devait être innové en cette matière, ne serait-ce pas le cas de produire le règlement libéral que semblait promettre le rapport de M. le comte Le Hon sur la loi de 1865.

service d'une grande tannerie voisine. L'essai de la disposition de Stuttgart avait été autorisée en principe, sur un rapport présenté au conseil général des ponts et chaussées en janvier 1870, par M. l'inspecteur Coumes. Les rails pesant 26^{k}.5 ont 0^{m}.185 de hauteur, 0^{m}.09 de largeur à la base, et 0^{m}.048 de largeur au champignon. Leur longueur est de 6 mètres, ils sont éclissés, et entretoisés par des fers plats (fig. 20, pl. 79).

La rangée de pavés formant bordure intérieure est fortement inclinée à sa partie supérieure, afin de laisser passer les boudins des grands wagons à voie de 1^{m}.50 qui y circulent. La traction s'opère au moyen de chevaux, mais elle pourrait se faire au moyen de locomotives portant 8 tonnes par essieu.

La voie de ce tramway, consistant en un rail sans traverse, est remarquable. Elle contraste avec la voie à contre-rails usitée sur nos ports, et avec celle des tramways de Lille (fig. 21, pl. 79), où l'écartement des contre-rails, réglé à 0.04 environ, est trop grand pour beaucoup de voitures et chariots qui s'y engagent. Son prix est, pour ainsi dire, indépendant de la largeur de la voie. Un rail de même type, mais réduit à 16 ou 20 kilog., suffirait pour des chemins légers à véhicules n'ayant pas plus de 5 tonnes par essieu.

Tramway de l'Amérique du Sud.— Le rail fourni par l'usine de Seraing, croyons-nous, a pour point de départ la forme Vignoles; le champignon présente en outre un appendice latéral tourné vers l'intérieur de la voie, et accusant la forme que doit avoir la rigole (fig. 24, pl. 79).

Tramway de Moscou (1874). La voie est formée par un rail Vignoles en acier, posé sur traverses en bois, et pesant 18 kilog. par mètre (fig. 23, pl. 79); sa hauteur a été fixée à 0.125 afin de laisser mettre une rangée de pavés au-dessus des traverses. (*Annales industrielles* du 7 janvier 1875.)

CIRCULATION DES WAGONS A VOIE DE 1^{m}.50 SUR LES TRAMWAYS. Les tramways construits jusqu'à ce jour en Europe sont, en général, à voie de 1^{m}.50 environ. Il est facile de voir à l'inspection d'une coupe transversale de voiture, que rien ne s'oppose à ce que cette largeur soit rétrécie. La figure 19, pl. 79, empruntée à l'*Organ* de 1875 montre l'étude d'un omnibus pour voie de 0^{m},75.

Les tramways d'Anvers sont à la voie de 1^{m}.37, ceux de Moscou à la voie de 1^{m},524.

La largeur généralement admise pour les tramways a fait penser qu'ils pouvaient servir à la circulation des wagons ordinaires. Mais le peu de largeur donnée à la rigole les rend impropres à cet usage. Il faut modifier la voie et recourir à la disposition de Strasbourg, ou faire un rail à ornière très-large comme à Liége (fig. 22, pl. 79).

Monsieur Raillard, ingénieur des ponts et chaussées, chargé du contrôle des tramways de Lille, a été amené à faire une étude complète de cette question[1].

Il a donné des renseignements intéressants sur les tramways de Belgique, et montré par les faits de la pratique et par les calculs que les wagons ordinaires demandent des rayons de courbure de 50 mètres au moins; les véhicules à voyageurs des tramways ordinaires passent dans des courbes de 15 mètres de rayon. Les raccordements avec les fabriques et usines dans l'intérieur d'une ville, sont rendus impossibles parce que la largeur des avenues ne permet pas de se détacher avec le rayon de courbure voulu : l'emploi des plaques tournantes est impraticable, et celui des chariots sans fosse est cher et peu admissible.

La voie des tramways de Lille ne paraît pas à recommander, d'après l'expérience faite, tandis que la voie de Liége n'a pas donné lieu aux mêmes plaintes.

En résumé les diverses considérations qui précèdent, montrent que souvent l'emploi d'un tramway ne procure pas une grande économie. L'augmentation de prix qu'il faut mettre à la voie avec les systèmes connus jusqu'à ce jour sera équivalente, sinon supérieure dans bien des cas, à la dépense de l'élargissement de la route suffisante pour mettre la voie en saillie.

Il faut ajouter, au point de vue de l'économie de l'exploitation, que les voies posées en tramway présentent sur les autres un grave inconvénient, celui de l'augmentation de la résistance au roulement. Des expériences ont donné 7 à 10 kilogrammes par tonne de véhicule; mais, lorsque les rails sont couverts de boue, ce chiffre augmente rapidement et se rapproche de la résistance sur macadam, qui est d'environ 30 kilogrammes dans ces conditions. Pour éviter ce désavantage, il suffit de placer le plan supérieur des rails à 10 centimètres environ du niveau de la chaussée : la voie forme alors une sorte de trottoir, analogue d'ailleurs aux berges surélevées de beaucoup de routes.

L'usage des contre-rails ou des rails à ornière est donc à éviter, et lorsqu'il s'agira de traverser un village, ou lorsque des circonstances particulières conduiront à enfoncer la voie dans le sol, la voie à rails du modèle Hartwich pour tramways est préférable; en dehors de ces circonstances, une voie mise sur un accotement en saillie, à rails d'acier d'aussi faible échantillon que possible, reposant sur un grand nombre de traverses, paraît à la fois la plus économique d'établissement, la plus élastique et la plus stable, la moins onéreuse d'entretien, et celle donnant le meilleur roulement.

1. *Annales des ponts et chaussées*, novembre, 1875.

CHAPITRE V.

FRAIS D'EXPLOITATION.

Ce point est un de ceux sur lesquels les informations précises sont des plus précieuses, et c'est un de ceux où elles manquent le plus par suite des intérêts contradictoires mis en jeu, et, disons-le aussi, par suite d'un certain nombre de déceptions qui craignent la lumière.

Beaucoup de lignes secondaires espéraient faire au moins leurs frais d'exploitation, comptant sur diverses réductions des détails du service, comparativement aux lignes ayant un grand nombre de kilomètres. Mais, par contre, les frais généraux influent pour une part très-considérable, et les frais de renouvellement viennent, au bout de peu de temps, grossir le total des dépenses d'exploitation.

Dans l'organisation des petites lignes on ne s'est pas suffisamment inspiré des exemples économiques, cités par M. Bergeron, pour montrer comment « une petite Compagnie locale est plus en état que la grande d'exploiter avec avantage un embranchement[1] ».

Il n'est donc pas étonnant que les résultats aient trompé les espérances.

Charges de l'exploitation, dérivant de certaines économies de construction. — Le *bon marché* des dépenses de premier établissement provient quelquefois de l'inobservation des conditions convenables de bonne construction, et alors les dépenses d'entretien deviennent très-considérables. Souvent aussi la ligne est équipée d'une manière très-insuffisante, et les premières installations doivent être successivement complétées. C'est ainsi que l'ensemble des lignes de l'État belge coûtait 72,000 francs par kilomètre en 1836, et que le prix s'est élevé à 358,000 francs en 1862[2]. Il était de près de 500,000 fr. en 1873.

Lorsque les aménagements d'une ligne cessent de répondre au développement du trafic, toute augmentation devient une source de perte. Le rapport de la Compagnie du Midi pour l'année 1872, nous montre que la marchandise ayant afflué, les dépenses de manutention se sont élevées dans un tel rapport qu'il en est résulté un déficit sur l'année précédente.

Dans un grand nombre de lignes récentes, des économies apparentes ont été réalisées sur le premier établissement, mais à la condition de reporter sur l'exploitation des charges considérables, qui doivent toujours être acquittées avant tout autre prélèvement.

1. Ch. Bergeron. *Les chemins de fer à bon marché.* 1863, page 29.
2. R. Morandiere. *Observations sur les chemins de fer à bon marché.* Dunod, 1869.

C'est ainsi que l'économie obtenue en empruntant une partie de ligne déjà construite se traduit par une redevance annuelle; il en est de même pour l'usage de gares communes, en dehors de la contribution aux frais d'exploitation proprement dits.

Un exemple nous est fourni par l'embranchement local de Magny, lequel emprunte une partie de la ligne de Paris à Gisors pour aboutir à la gare commune de Chars.

La redevance annuelle sur les dépenses d'aménagement à la gare, est de..........	3 960 fr.
En sortant de la gare, les trains de la Compagnie locale empruntent, à la grande Compagnie, la deuxième voie posée spécialement à cet effet, moyennant..........	1 080
Enfin, les rails de la Compagnie locale sont placés pendant 500 mètres environ sur les terrains de la grande ligne, et il est payé pour cela également..........	1 080
La redevance totale annuelle se monte à..........	6 120

Cette somme représente l'intérêt d'un capital industriel d'environ 100,000 francs.

Le chemin de fer de Gisors à Pont-de-l'Arche avait trouvé plus avantageux d'établir ses gares terminus à côté de celles de la grande ligne, et de se relier par une simple aiguille, dans les conditions d'un embranchement particulier (fig. 25, pl. 79).

Il peut se trouver des cas où la gare commune soit néanmoins avantageuse, et ce serait une erreur de croire que l'adoption de la voie étroite puisse devenir un obstacle à l'emprunt d'une gare ou d'un tronçon de ligne existante. Il suffit en effet de placer un troisième rail intermédiaire, comme cela a été fait depuis longtemps par le Great-Western, et comme le font les administrations qui ont à la fois des lignes à voie large et à voie étroite, en Norvége, en Hongrie, etc.

Exemples divers de résultats d'exploitation. — MM. Joyant et Dumont ont donné les renseignements suivants[1] : 1° Ligne de Lausanne à Echallens, pour la première année d'exploitation, recette kilométrique de 5,329 francs. La dépense a été sensiblement la même, mais on espère la réduire à 3,600 francs ; 2° pour la ligne de Turin à Rivoli, l'année 1873 a donné une recette de 9,300 francs par kilomètre, contre une dépense de 5,800 francs, laissant un bénéfice net d'environ 2,500 francs, soit près de 4,5 pour 100 du capital dépensé.

Le chemin du Broelthal avait donné les résultats ci-dessous en 1864, alors que sa longueur était de 22k,5.

Recette brute kilométrique..........	3 100 fr.
Dépense id..........	1 500
Recette nette..........	1 600

1. Séance de la Société des Ingénieurs civils, 7 janvier 1876.

Le capital d'établissement étant d'environ 25,000 francs par kilomètre, le taux du bénéfice ressort à 6,5 pour 100. Mais après l'achèvement du prolongement sur Waldbroel, la longueur totale devint 32k,5, et le bilan de l'exercice 1871 n'accuse plus que 850 francs de recette nette par kilomètre : le dividende prélevé est tombé à environ 1 pour 100 du capital d'établissement[1].

Le rapport pour 1873 du chemin de Denver à Rio Grande compare les résultats des exercices 1872 et 1873, qui se résument ainsi :

	1872.	1873.
Longueur exploitée	160 kil.	189 kil.
Recette par kilomètre	9 500 fr.	10 400 fr.
Dépense par kilomètre	6 300	4 800
Recette nette	3 200	5 200

Un allongement de 29 kilomètres n'a pas fait augmenter sensiblement la dépense d'exploitation, de telle sorte que la dépense kilométrique a diminué, alors même que la recette brute, c'est-à-dire le trafic, augmentait notablement.

Dans un compte rendu très-intéressant de la ligne d'Avricourt à Cirey[2], MM. les ingénieurs Varroy et Bauer ont donné des renseignements détaillés sur le mode d'exploitation de cette ligne et sur ses résultats :

En 1873, la recette kilométrique a été de	7 737 fr.
Et la dépense de	4 833
Recette nette	2 904

La dépense kilométrique de premier établissement étant de 80,660 fr., le taux du revenu serait de 3,6 pour 100; mais par suite des subventions accordées, le capital industriel engagé n'est que de 26,000 francs par kilomètre, et l'intérêt ressort à 11,2 pour 100. Une somme de près de 1,000 francs par kilomètre a été mise à la réserve pour commencer la constitution d'un fond de renouvellement de la voie et du matériel roulant. Sage mesure qui devrait toujours entrer à l'avance en ligne de compte dans les prévisions budgétaires faites lors de l'organisation des Sociétés d'exploitation de chemins de fer.

Le chemin de Liwny, pour sa première année, en 1872, a dépensé 8,000 francs pour une recette kilométrique de 8,200 francs.

1. Voir le bilan *Annexe* n° 7.

2. *Compte rendu statistique de la construction du chemin de fer d'intérêt local d'Avricourt à Cirey*, par MM. Varroy et Bauer. — Dunod, 1874. Cette ligne est exploitée par la Compagnie de l'Est.

Au milieu de la pénurie que nous avons signalée de renseignements complets et officiels sur les frais d'exploitation des Compagnies locales de chemins de fer secondaires, la Note de M. Lavoine sur les chemins de fer de Suède et de Norwége[1] est un précieux document.

Nous relevons les chiffres suivants pour l'année 1871 :

DÉSIGNATION.	RECETTES brutes.	DÉPENSES d'exploitation	RECETTES nettes.
	fr.	fr.	fr.
1154k Chemins de l'État en Suède, voie de 1m.50..	9.576	4.816	4.760
375k Chemins des Cies id. id.......	10.900	5.140	5.760
263k Id. id. voie réduite...	6.300	3.000	3.300
230k Chemins de l'État en Norvége, voie réduite.	3.400	2.700	700

Des chiffres aussi faibles pour les dépenses d'exploitation ne peuvent s'expliquer que par l'extrême bon marché de la main-d'œuvre dans les pays considérés. Il ressort aussi de la statistique que les wagons sont bien mieux utilisés, ce qui s'explique par des facilités de délai de livraison et de détails d'exploitation dont ne jouissent pas les pays plus peuplés, où la circulation est plus active.

Les renseignements donnés par M. Lavoine sont néanmoins fort intéressants; ils nous engagent à aller rechercher sur place s'il n'y a pas quelques agissements pratiques à imiter, et, en tous cas, ils mettent bien en relief ce que, *dans un même pays*, la voie étroite a pu réaliser d'économie par rapport à l'autre voie.

Avec le mode d'exploitation aujourd'hui usité pour les lignes secondaires, il paraît bien difficile de descendre au-dessous des minimum connus pour les embranchements des grandes lignes, ayant des trafics de 5,000 à 15,000 fr. par kilomètre, et c'est ce que nous disent des directeurs d'exploitation d'une ligne secondaire[2]. D'après eux, les frais peuvent descendre au taux ci-dessous par kilomètre.

Dépenses du service commercial.	1 700 fr.
Dépenses du service technique.	2 300
Ensemble.	4 000
A ajouter, pour annuité de réfection du matériel.	1 000
Total des dépenses par kilomètre..	5 000

Ces dépenses iraient très-peu en augmentant lorsque le trafic augmen-

1. *Annales des ponts et chaussées*, juillet 1874.

2. *Etat actuel des chemins de fer*, par MM. Du Lin, directeur de l'exploitation commerciale (Mammers à Saint-Calais), et Fousset, ingénieur, chef des services techniques (Mammers à Saint-Calais). — Chaix, mai 1874.

terait, et s'accroîtraient peu à peu jusqu'à atteindre 6,000 francs pour une recette kilométrique de 12,000 francs.

De 12,000 à 16,000 francs, la proportion des dépenses pourrait être maintenue à la moitié de la recette.

Ces prix supposent naturellement un tarif plus élevé que celui des grandes lignes.

Des chiffres un peu plus élevés sont donnés : 1° par les quelques exemples cités, en 1870[1], par M. Vuillemin, à propos des chemins de fer d'intérêt local, exploités par la Compagnie de l'Est, et 2° par des traités d'exploitation récents faits par cette Compagnie[2].

La Compagnie de Vitré à Fougères, dans son assemblée des actionnaires du 22 mai 1876, a présenté les résultats suivants pour l'exercice 1875 :

Récette kilométrique.	5,462 francs.
Dépense.	3,886
Produit net.	1.576 francs.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION.

Nous sommes donc ramenés par la pratique aux conclusions exposées par M. Nordling, dans sa note de 1868, et d'après lesquelles la réduction des dépenses d'exploitation est surtout le point nouveau et le but à atteindre pour les chemins de fer secondaires.

Cet ingénieur a indiqué un ensemble de dispositions concourant à ce but, mais (comme celles de M. Bergeron, signalées plus haut) elles n'ont été jusqu'à ce jour l'objet que d'applications incomplètes sur diverses lignes. Parmi ces applications, nous citerons les voitures à couloir, permettant de délivrer les billets pendant la marche, adoptées sur les lignes du Sud-Est, de la Vologne, de l'Hérault, etc..... Sur les chemins de Frévent à Gamaches et d'Abancourt au Tréport, le couloir est placé latéralement à l'extérieur de la voiture dans le système de MM. Delahante et Desgrange[3].

Une foule de combinaisons économiques peuvent être mises en pratique, et nous signalerons, par exemple : l'emploi des équipes volantes accompagnant les trains de marchandises pour faire le chargement dans les gares ; — le *facteur banal*, qui se transporte d'une gare à l'autre pour

1. Séance du 1er avril 1870 de la Société des Ingénieurs civils.
2. Voir le rapport aux actionnaires présenté le 30 avril 1873.
3. *Engineering*. 1er juillet 1870. *Monde illustré*. 25 mai 1872.

prêter main-forte suivant les besoins ou les jours de marché, ainsi que cela se pratique sur les lignes locales exploitées par la Compagnie de l'Est; — l'utilisation faite par le chemin d'Échallens des facteurs de la poste, venant à la gare quelques instants avant les passage du train et distribuant les billets.

En somme, une exploitation aussi économique que possible ne peut être obtenue par une copie réduite du système d'exploitation des grandes lignes, mais bien par un système tout autre, à trains légers très-fréquents, circulant comme un omnibus de correspondance avec la grande ligne, s'arrêtant dans les localités, à une auberge où se trouve un représentant intéressé au trafic, en un mot *une diligence à traction à vapeur roulant sur des rails posés autant que possible le long de la route*, complétée par des wagons de petit modèle pouvant pénétrer dans les cours des fermes.

DEUXIÈME PARTIE.

ANNEXE N° 1.

Chemins divers.

Les renseignements suivants se rapportent à quelques lignes secondaires ne rentrant pas directement dans l'une des catégories qui ont été examinées.

Système Handyside, pour gravir les rampes. — La locomotive se remorque sur la rampe, en laissant le train au pied de celle-ci et en déroulant une chaîne qui reste attachée au convoi. Arrivée au sommet, la machine se fixe au rail au moyen d'une sorte de grapin, et un treuil à vapeur qu'elle porte remonte alors la chaîne et le train [1].

Tramways de Lisbonne. — Il s'agit ici d'un chemin hors de Lisbonne, de 80 kilomètres environ de longueur, en partie placé sur une route, dans le système Larmanjat. La voie comporte un rail médian et deux bandes latérales en bois. Les locomotives, de Sharp, sont à mouvement direct, sans intermédiaire d'engrenages. Soit par suite de mauvaise construction, soit par suite, croyons-nous, des défauts de principe inhérents au système, ce chemin, qui a coûté près de 100,000 fr. par kilomètre, n'a pas rendu les résultats espérés, et ne donne lieu qu'à une exploitation très-irrégulière [2].

Chemin de fer élevé à New-York. — Six kilomètres de chemin monté sur travées de 18 mètres, supportées par des piliers composés de quatre colonnes, fonctionnent dans une avenue. On y trouve des courbes de 16^m,5 de rayon, et des inclinaisons de 0,025 par mètre. Les locomotives, du poids de 8 tonnes et à quatre roues, présentent l'aspect extérieur d'un wagon pour ne pas effrayer les chevaux [3]. Chemin ouvert en 1874.

Chemin von Weber. — La Société se rappellera ces projets de lignes à voie de 1^m,50, rasant le sol, sans balast [4]; la locomotive qui devait com-

1. M. Handyside a publié une brochure sur ce système. Voir Institution des Ingénieurs civils de Londres, 1874. — Une locomotive de ce système a été exécutée à Bristol. *Engineering* du 3 septembre 1875.

2. *The Engineer*, 21 mars et 18 avril 1873.

3. Journal suisse *Eisenbahn* du 20 octobre 1874, et *Engineering* du 23 juillet 1875.

4. Séance du 18 avril 1873.

pléter cet ensemble était d'un nouveau type où le mouvement était commandé par des galets lisses reposant sur les bandages des roues motrices. Un essai de locomotion de ce système a eu lieu en Autriche, mais sans succès.

Porteur Corbin et Decauville. — Le porteur Corbin consistait en un chemin de fer portatif composé d'une légère échelette en bois, dont les montants équarris portaient une bande de fer feuillard sur laquelle roulaient les wagonnets.

Ce système a été récemment perfectionné par M. Decauville, de Petit-Bourg, près Paris, et construit entièrement en fer, avec des rails de 4,5 kilog. le mètre (fig. 14, pl. 79). Le prix d'une pareille voie varie de 4 fr. 50 c. à 5 fr. le mètre courant. Posée sans aucun bourrage sur des terres fraîchement remuées, elle supporte très-bien des wagonnets chargés de 400 à 500 kilogrammes. La voie se pose et se dépose avec une grande facilité et rapidité, de telle sorte que dans une exploitation agricole, betteraves, etc..., on peut suivre d'assez près l'avancement de la récolte.

Ce chemin de fer est donc un excellent complément de voies économiques.

ANNEXE N° 2.

TABLEAU DES PRINCIPALES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE PLUSIEURS LIGNES A VOIE ÉTROITE.

Par suite de ses dimensions, le tableau a dû être mis avec les planches. Nous donnerons seulement ici les longueurs par pays des diverses lignes inscrites au tableau. Les situations sont prises à des époques très-différentes, aussi ces longueurs sont-elles loin de représenter le développement actuel.

Dans le tableau, lorsque des renseignements sont donnés pour les véhicules à voyageurs, le type de la voiture de 2[e] classe a été, autant que possible, pris comme terme de comparaison.

Pour les wagons, les chiffres s'appliquent en général aux wagons couverts.

Les locomotives des numéros 19, 43, 62, 69, 71, 73, 74, 75, 81, 82, 89, sont du système Fairlie.

Récapitulation par pays des longueurs inscrites au tableau Annexe n° 2.

PAYS.	En exploitation.	En construction.	PAYS.	En exploitation.	En construction.
			Report	1979	1984
France	69	144	Australie	478	»
Algérie	33	250	Nouvelle-Zélande	393	»
Belgique	124	»	Gouvernement du Cap	108	»
Angleterre	42	»	Canada	736	600
Norvége	321	320	États-Unis	3009	6500
Suède	163	240	Amérique centrale	60	250
Russie	335	»	Venézuéla	»	»
Autriche-Hongrie	85	30	Pérou	28	»
Prusse	33	»	Chili	191	»
Italie	12	»	Bolivie	»	250
Sardaigne	29	»	Brésil	32	660
Suisse	48	»	Havane	»	»
Grèce	9	»	Java	55	»
Portugal	»	»			
Inde	176	1000			
A reporter	1979	1984	Total partiel	7570	10244

ANNEXE N° 3.

Observations relatives au tableau Annexe n° 2.

N° 1. Le chemin industriel de Commentry à Montluçon a été desservi par des chevaux jusqu'en 1852. Au départ de Montluçon est un plan incliné avec machines fixes. Le prix de 110,000 fr. par kilomètre comprend les renouvellements faits jusqu'à ce jour.

Voir les renseignements donnés par M. Yvan Flachat, à la séance du 15 mai 1868 de la Société des Ingénieurs civils.

N° 2. Voir la note de M. Molinos. *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, 1868. Les premières locomotives étaient du type dit *de Blanzy*.

N° 3. Voir le *Traité des chemins de fer* de M. Gosschler. Le profil du rail est donné fig. 16, pl. 79.

N° 4 Voir la note de MM. Thirion et Bertera : *Observations sur les chemins de fer départementaux*. Dunod. 1865.

Ce chemin, qui comporte une courbe de 40 mètres de rayon, a d'abord été exploité par des chevaux.

N° 6. Cette ligne provisoire, qui suivait la route ordinaire, sur 77 kil., a été décrite dans les *Annales des ponts et chaussées*. 1866. Vol. XI, p. 95. En beau temps, les locomotives remorquaient les trains de voyageurs sur les rampes de 8 centimètres, sans l'aide de l'engrenage.

N° 9 Décret du 11 décembre 1874.

N° 10. Décret du 1er mars 1876.

Pour cette ligne d'Anvin à Fréthun, près Calais, M. l'ingénieur Level a eu l'occasion d'étudier sur le terrain les dépenses comparatives de la voie large et de la voie étroite.

Le prix kilométrique de la voie de 1 mètre ressort à 65,834 fr., tandis qu'il est de 106,085 fr. pour la voie de 1m.50. Les chapitres sur lesquels porte principalement cette réduction de 40,251 fr. sont : les terrains pour 3,018; les terrassements pour 16,045 fr.; les ouvrages d'art pour 2,075 fr., et la voie pour 13,912 fr.

L'économie pour toute la ligne s'élève à 3,585,375 fr.

Les auteurs du projet estiment que sur un total espéré de 136,000 tonnes, 70,000 tonnes seront à transborder par suite de la réduction de la largeur de la voie : à raison de 0f,20 par tonne, la dépense occasionnée sera de 14,000 fr., représentant l'intérêt d'un capital de 280,000 fr. Cette

somme est insignifiante relativement à l'économie de trois millions et demi réalisée.

Le capital de cette ligne est formé au moyen d'une combinaison nouvelle, sur laquelle nous attirons l'attention dans l'annexe n° 10.

Par decret du 3 juin 1876 une ligne d'Avesne-le-Comte à Savy-Berlette, environ 12 kil., vient d'être concédée à M. Level, dans les mêmes conditions que la précédente.

N° 11. Décret du 6 avril 1876.

N° 12. Petite ligne portative de 2 kil. destinée au transport des betteraves, dessert la sucrerie de M. Lefranc. La voie est composée de châssis de 6 mètres de longueur. 18 trains par jour, portant 4 tonnes chacun, ont amené 72,000 kil. à la râperie, au prix moyen de 17 centimes par tonne kilométrique[1].

N° 15. Les rails devront peser au moins 20 kil. par mètre, s'ils sont en fer.

N° 16. Les lignes de ce réseau ne sont pas toutes à l'écartement de $1^m.20$. Ainsi la voie du Hornu n'a que $0^m.90$ de largeur. — Voir la communication de M. Regnard, p. 211 : *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, 1868.

N° 17. Les wagons plate-formes ne pèsent que $1^t,7$ et chargent 5 tonnes. — Voir également la communication ci-dessus citée de M. Regnard.

N° 18. Voir la communication de M. Regnard.

N° 19. Le prix du kilomètre du Festiniog n'était que de 41,000 fr. à l'origine. Grâce à ses recettes, le chemin a pu payer ses transformations sur son revenu. Les rails ont été successivement de 8 kil., 15 kil., puis 24 kil. Les rails de 15 kil. ont duré dix-huit ans. — Les premières locomotives, mises sur le chemin en 1860, pesaient 8 tonnes. Les wagons à ardoises sont de divers modèles : les uns pèsent 900 kil. et portent 2,5 tonnes; les autres pèsent 660 kil. et portent 2 tonnes.

L'ingénieur de la ligne M. C. E. Spooner, en a donné la description complète dans un ouvage spécial. *Narrow Gange Railways.* — Londres, Spon. 1871.

Voir *Engineering*, 4 octobre 1867, 27 septembre 1869, 14 mars et 7 novembre 1873 ; *Fairlie:* Aurons-nous des chemins de fer ? — *Goeschler*. Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, 1874. *Engineer*, de avril-mai 1870.

La voie de $0^m,60$ existe aussi pour des mines du comté de Durham ; — *Engineering*, du 18 septembre 1874, donne le dessin de la locomotive,

1. *Journal des fabricants de sucre*. Mai-juin, 1876.

dont l'essieu d'arrière libre, a ses boîtes à graisse munies d'*osselets* pour le passage des courbes.

N° 20. Cette ligne complète celle du Festiniog. Les locomotives (*Engineering*, 1er sem. 1870) sont à six roues, dont quatre accouplées, portant 8t ½, et un essieu de support à l'arrière portant 2t ½. Cet essieu peut se déplacer transversalement.

N° 32. Le prix élevé de cette ligne s'explique par le voisinage de la capitale.

N° 33. Les lignes de Suède donnent un revenu de 1 à 13 pour 100.

A la fin de 1874, 280 kilomètres étaient en projet, en plus des 240 kilomètres en construction.

N° 46. Cette section avait été exploitée avec des chevaux jusque vers 1854. Le rail primitif se composait de longrines en bois armées d'une plate-bande en fer pesant 8 kil. par mètre. (Voir M. Goeschler. Mémoires de la Société, 1873.) M. Nordling nous apprend (Séance du 1er septembre 1871) que la recette s'est élevée à 17,000 fr. par kilomètre en 1869, et la dépense correspondante a été de 10,500 fr.

N° 58. M. Mallet a donné quelques renseignements sur cette ligne dans la séance du 2 octobre de la Société des Ingénieurs civils, 3e bulletin de 1874, page 710. Voir aussi *Engineering*, 30 octobre 1874.

N° 59. La 1re section, ouverte entre Wynkeln et Ursnach, a 12 kilomètres. Cette ligne sera prolongée jusqu'à Appenzel et aura alors 25 kilomètres. Le pays est très-accidenté.

Les autres branches concédées sont celles de Zurich à Gruningen, Muri à Aegeri, Stafa à Wetzikon.

N° 68. Le rapport pour 1873-74 signale que 185 kilomètres à voie de 1 mètre sont ouverts à l'exploitation. — 1,650 kilomètres sont en construction, et 270 kilomètres du Southern-India doivent être ramenés à la voie de 1,68 à la voie de 1,00.

N° 69. Les renseignements donnés s'appliquent à des lignes ouvertes avant 1866. Communication de M. Fox à l'Institution des Ingénieurs civils de Londres, en 1867.

N° 84. Le chemin dit *Tongoï*, de 66 kilomètres de longueur, est à voie de 1,07.

Le chemin dit *Carizel*, 35 kilomètres de longueur, est à voie de 1,245.

Voir, pour les locomotives, *Engineering*, 1er semestre 1871, page 201.

Le Chili possède aussi depuis longtemps des chemins de fer à rails légers. Consulter à ce sujet les comptes rendus de l'institution des ingénieurs civils de Londres, 1866-67.

Nous ferons suivre ces observations de la liste d'un certain nombre de chemins qui ne figurent pas au tableau, faute de détails suffisants sur leur établissement.

		Voie de	Prix kilométrique estimé
Angleterre......	Ateliers de Crewe....................	0.46	
Hongrie........	Mines de Petroszeny..................	0.78	
—	Usines de Kronstadt..................	0.75	
Nouvelle-Zélande.	Kaipara............................	1.07	
—	Wellington et Masterton...............	1.07	
—	Tokomairiro et Lawrence..............	1.07	
—	Otago provincial governement Ry.........	1.07	
Canada.........	Nouvelle-Écosse. Glascow à cape Breton ..	0.91	
—	Prince Edward Island.................	1.07	
—	Credit Valley Ry.....................	1.07	
—	Victoria Ry.........................	1.07	
États-Unis......	Memphis-Knoxville...................	»	55.000 fr.
—	Washington—Cincinnati—Saint-Louis....	»	45.000
—	Alabama (diverses lignes).............	»	31.000
			Exploités fin 1872
—	Cairo — Saint-Louis..................	0.91	240 kil.
—	Kansas-Central......................	0.91	90
—	Arkansas-Central....................	1.07	64
—	American Fork......................	0.91	
—	Howland et Aspinwall................	1.07	
—	Californie..........................	»	80
Pérou..........	Pimentel et Chiclayo.................	0.91	
—	Chimbote et Huaraz..................	0.91	
Brésil.........	Porto-Alegro à Hamburg..............	1.07	
—	Itu branch et Mogy-Mirim branch.......	1.00	

ANNEXE N° 4.

Chemins de fer de Suède.

La situation de ces chemins à la fin de 1874 s'établit d'après M. Sandberg[1] de la façon suivante :

Lignes en exploitation.

Voie de 1m.45. Rails lourds.	Chemins de l'État.	1.440k	1.710	2.650
	Divers.	270k		
Voie de 1m.45. Rails légers.	Lignes diverses. .	940k	940	
Voie étroite.	Lignes diverses. .	770k		770
Ensemble des lignes exploitées				3.420k

Lignes en construction.

Voie de 1m.45. Rails lourds.	Chemins de l'État.	50k	630	2.450
	Divers.	580k		
Voie de 1m.45. Rails légers.		1.820		
Voie étroite. Lignes diverses, principalement pour transports industriels.		240k		240
				2.690k

La Suède bien qu'étant 3 fois plus grande que l'Angleterre, a une population totale qui ne dépasse pas celle de Londres. Actuellement, il y a un mille pour 1.800 habitants (1 kilomètre par 1.125 habitants), ce qui est la même proportion qu'en Angleterre.

Lorsque les lignes en construction seront terminées, la situation s'établira ainsi :

Lignes à voie de 1m.45, à rails lourds. . .	2.340k
Lignes à voie de 1m.45, à rails légers. . .	2.760k
Lignes à voie étroite.	1.010k
Ensemble.	6.110k

Les lignes concédées dans ces dernières années, complétaient les jonctions entre des lignes principales à la voie de 1m.50, de telle sorte, que l'adoption de cette largeur était commandée. Certaines lignes à voie étroite ont dû même être élargies à cette intention.

Lorsqu'il y a 20 ans le gouvernement suédois construisit ces premiers chemins de fer, on se demandait si les frais d'exploitation seraient couverts; aujourd'hui ces lignes donnent déjà au capital un revenu de 4 pour 100.

1. Note pour la Société des Ingénieurs civils de Londres. *Engineering in Sweden*, 1875.

A. *Liste des chemins à rails légers, en exploitation ou en construction.*

Les lignes de première classe, ont des rails de 30 à 35 kilogrammes par mètre, des inclinaisons de 1 centimètre au plus, des courbes qui sont en général au-dessus de 600 mètres de rayon, et ne descendent que par exception à 300 mètres, et leur prix de construction est d'environ 175.000 fr. par kilomètre, matériel roulant compris.

Les lignes deuxième classe, ou *à rails légers*, pesant de 20 à 30 kilogrammes, sont sensiblement dans les mêmes conditions de pentes et courbes, et le prix moyen oscille autour de 100.000 francs par kilomètre, matériel roulant compris.

Le tableau ci-dessous donne la nomenclature des lignes de deuxième classe.

EN EXPLOITATION.		EN CONSTRUCTION.	
Halsberg-Motala-Mjölby	96	Chemins de fer de l'Etat	610
Karlskrona-Wexio	112	Stockolm-Westeras	208
Kalmar-Emmaboda	56	Flen-Oxelösund-Eskiltuna	160
Landskrona-Helsingbord	60	Linkoping-Gamleby	112
Ystad-Eslof	75	Ostra-Wermland	48
Kristianstad-Hessleholm	29	Halmstad-Nassjo	155
Vexio-Alfvesta	18	Landscrona-Bjornkulla	33
Nora-Karlskoga	64	Lund-Trelleborg	41
Krylbo-Norberg	19	Nybro-Safsjostrom	48
Nassjo-Oskarshamn	144	Sola-Tilberga	27
Upsala-Gefle	110	Helsingborg-Gothenburg	210
Helsingbord-Hessleholm	75	Dalsland	64
Malmö-Ystad	64	Diverses petites lignes	104
Petites lignes diverses	18		
Total	940	Total	1820

B. *Liste des chemins de fer à voie étroite.*

Les chemins de cette catégorie ont une largeur de voie qui varie de $0^m.75$ à $1^m.22$, et des rails de 10 kilogr. à $22^k.5$ par mètre. La vitesse des trains se tient au-dessous de 24 kilomètres à l'heure. Le prix de ces lignes varie de 30.000 à 50.000 francs par kilomètre.

Les lignes à voie étroite en *exploitation* sont données par la liste suivante :

Uddevalla-Wenersborg-Herrljunga	91	*Report*	366
Boras-Herrljunga	41	Solvesborg-Kristianstad	29
Wickern-Mockeln	54	Hjo-Stenstorp	30
Karlshamn-Wislanda	77	Wadstena-Fogelstad	11
Palspoda-Finspong	57	Lidkoping-Skara-Stenstorp	48
Mariestad-Moholm	17,5	Ulriceham-Wartofta	37
Wessman-Barken	17,5	Sundsvall-Torpshammar	62
Marma-Sandarna	11	Lignes diverses	187
A reporter	366	Total	770

En construction ou en projet, on ne compte que 8 ou 10 lignes locales isolées, et dont la longueur se monte à 240 kilomètres environ.

ANNEXE N° 5.

LISTE
De chemins de fer à voies étroites aux États-Unis
au 1er juillet 1874 (1).

DÉSIGNATION.	kilom.	kilom.
Denver et Rio-Grande...	260	1.400
Cairo et Saint-Louis....	150	240
Utah Nord............	110	260
Kansas Central........	90	900
Arskauvas Central......	100	240
Colorado Central, division à voies étroites.......	40	70
Denver, South-Park et Pacific.............	26	175
Nord et Sud de la Georgie.	55	210
Montrose.............	45	45
Ripley...............	45	60
A Johnston, Cambria Iron C°............	40	40
Cherokee, Ala.........	15	15
Jovva Est.............	35	290
American-Fork........	30	35
Pioche...............	30	30
Central Valley.........	20	20
East Broad Top........	50	50
Mineral Range........	20	160
Wasatch et Jordan-Valley................	20	25
Pittsburgh et Castle Shannon...........	15	15
Bell's Gap............	15	65
Peak skill Valley.......	10	10
Summit County, Utah...	15	50
Quskegee.............	8	50
Louisville, harrod's Creek et Westport.........	7	45
Painsville et Youngstown.	40	100
Baltimore Swan Lake et Lowtontown........	10	10
Peachbottom..........	65	105
Bingham Canon.......	30	30
Cheraw et Salisbury....	20	130
North Pacific Coast.....	145	400
Duck River Narrow-Gauge.	120	160
Green bay, Wabash et Faribault...........	»	105
Salt-Lake, Sevier Valley et Pioche...........	65	480
A reporter....	1645	6020

DÉSIGNATION.	kilom.	kilom.
Report......	1645	6020
Nashville et Wicksburg..	40	750
Wicksburg et Ship Island.	290	290
South Branch, West Virginia............	40	80
Stockton et Jone.......	60	60
Washington, Saint-Louis et Cincinnati........	50	1.500
Greenville et Paint Roch.	8	35
Bambridge, Cuthbert et Colombus..........	32	230
California Central......	240	750
Alameda, Oakland et Piedmont..........	95	95
Juan San Pete et Sevier.	15	120
Saint-Louis et Manchester.	13	50
Saint-Louis et Florissant.	25	25
Utah Nord...........	142	»
Arkansas Central.......	135	»
Summi County........	5	»
Ceredo Mineral........	10	»
Natches, Jackson et Colombus..........	5	»
Saint-Paul and Jowa South western (voie posée)..	»	490
Chicago, Homer and Southern (voie posée)....	»	560
Caledonia and Summer..	20	20
Wyandotte, Kansas City and North western...	80	»
Lawrence and Evergreen.	5	5
Galena and Southern Wisconsin..........	50	240
Rio-Grande — Texas...	35	35
Walla Walla — Orégon.	15	50
Camden, Gloucester et Mt Ephraïm, N. Jersey.	5	5
Des moines et Minnesota.	65	250
Parkers et Karn's City...	15	15
Wyandotte, Kansas City et Northwestern.......	15	400
Green Spring to Romney, West Virginia.......	25	80
Total général....	3280	12155

(1) Second rapport annuel du Denver et Rio-Grande, année 1873. Publié le 31 juillet 1874 (page 124).

ANNEXE N° 6.

Projet de chemin de fer sur l'accotement d'une route en Alsace.

MM. Gambaro et Jules Morandière ont déposé à la bibliothèque de la Société un dossier de renseignements relatifs à des études faites en 1869, avec la collaboration de M. Krafft, ingénieur des ponts et chaussées, pour un chemin de fer entre Lauterbourg et Strasbourg. Dans ce projet, la ligne de 60 kilom. de longueur empruntait sur plus de 40 kilom. l'accotement d'une route nationale; elle y formait une saillie de 0m.30 environ, bordée du côté intérieur par une murette en maçonnerie.

Diverses circonstances avaient imposé les rails de 35 kilog., et la seule réduction effectuée pour la voie consistait à mettre seulement 5 traverses d'une faible longueur (2 mètres) pour prendre aussi peu de largeur que possible sur la route. Cette emprise était de 3m.50, y compris une banquette de 0m.30, ménagée du côté extérieur du ballast. La largeur libre minimum à laisser à la route était de 7 mètres.

En dehors de la route, la largeur en couronne était de 3m.60 à 4m, sauf dans les tranchées où le profil réduit, à un seul fossé, imaginé par notre collègue M. Chauveau des Roches, avait été appliqué. Dans cette partie se trouvaient quelques pentes de 15 m/m, sur la route elles étaient bien plus faibles. Le rayon minimum des courbes avait pu être fixé à 300 mètres.

La grande largeur de la route dans les villages avait permis de les traverser en se mettant dans l'axe de la route, sans faire de saillie. Le contre-rail intérieur, au lieu d'être formé par un deuxième rail, était plus économiquement obtenu au moyen d'un fer à double L, fixé aux traverses, et boulonné aux rails de distance en distance.

La dépense d'une gare à Strasbourg avait pu être évitée de la façon suivante. Les locomotives s'arrêtaient à 3 kilomètres de la ville, avant de monter une rampe de 20 millimètres, franchissant un canal. Au delà la voie était posée en tramway dans les faubourgs et les véhicules, traînés par des chevaux, pouvaient arriver au centre de la ville, à la place du Broglie, auprès d'un châlet servant de gare. L'embranchement dit des Brasseurs devait servir à mettre le nouveau chemin en communication avec le réseau de l'Est, pour les wagons à marchandises appelés à transiter d'une ligne sur l'autre.

Les voitures à voyageurs de trois classes étaient du type à couloir, afin de permettre le contrôle et la perception des places pendant la route. Le fourgon devait être aménagé comme celui des lignes du Tréport, de manière à y faire le pesage des bagages pendant les arrêts. Un certain nombre de wagons couverts devaient recevoir des banquettes latérales et médianes, de manière à former des wagons de 4e classe, où seraient admis

les passagers voyageant avec 30 kilog. de denrées en destination ou en provenance d'un marché.

Les locomotives-tender, à six roues couplées, pesant 24 tonnes en charge, avaient un faux essieu pour que tous les essieux fussent absolument de rechange. Les cylindres et le mécanisme étaient extérieurs, les longerons étant aussi extérieurs. De la sorte, toutes les pièces étaient abordables du dehors, et le foyer ayant été muni d'une grille à jette-feu mobile, les fosses à piquer le feu et à graisser avaient pu être entièrement supprimées. En prévision de la circulation le long de la route, les locomotives devaient recevoir : 1° à l'avant et à l'arrière des chasse-vache américains; 2° un timbre ou cloche pour avertir les voitures, sans se servir du sifflet à vapeur; 3° une cheminée à étouffoir pour arrêter les étincelles; 4° une disposition analogue à celle adoptée sur le Metropolitan, permettant de renvoyer la vapeur dans les caisses à eau du tender, et supprimant à volonté le bruit de l'échappement au moment où le train passe à côté d'une voiture traînée par des chevaux.

L'*exploitation* de la ligne se serait faite au moyen de trains en navette, se croisant toujours au milieu du trajet. Il n'y avait alors que trois gares, celles des deux extrémités et celle du milieu. Dans les autres localités, le train s'arrêtait au droit d'une auberge. Le maître de l'auberge, servant de correspondant à la Compagnie, était tenu d'avoir : 1° un local à part pour les personnes désirant ne pas être dans la salle commune; 2° un local fermant à clef pour dépôt de bagage. Ce correspondant aurait dû payer une certaine redevance à la compagnie, et, par contre, il aurait été autorisé à percevoir une taxe, fixée à l'avance par le préfet, sur les objets ou colis déposés chez lui pour être remis au chemin de fer.

Le *projet de cahier des charges*, joint à la demande en concession, calqué en majeure partie sur celui de l'Hérault, comprenait certaines prévisions destinées à faciliter les économies, non-seulement pour la construction, mais encore pour l'exploitation. Une appropriation de l'ordonnance de 1846 à l'exploitation d'un chemin secondaire était également jointe à ce projet de cahier des charges. Parmi les dispositions nouvelles ou modifiées, nous citerons l'affichage préalable des modifications de tarif, réduit d'un mois à quinze jours (délai bien suffisant pour le court rayon d'action d'une ligne locale); — faculté pour la compagnie de camionner d'office les marchandises, sauf les bois, les houilles et les engrais : pour ces dernières marchandises, des places étaient louées au public pour y établir des entrepôts; — grande ou petite vitesse des transports de marchandises, différenciées uniquement par les délais d'expédition et de livraison (tous les trains étant mixtes).

Le prix d'établissement kilométrique était estimé à 80 000 fr. : il comprenait : 1° 10 000 fr. par kilom. pour les frais généraux et fonds de roulement pendant les premières années de l'exploitation; 2° 15 000 fr. pour le matériel roulant, et 3° 55 000 fr. pour la construction proprement dite, avec sa part de somme à valoir et d'intérêts pendant la construction.

ANNEXE N° 7.

Chemin de fer du Broelthal (PRUSSE-RHÉNANE).

Bilan au 31 décembre 1871.

ACTIF.

a) Établissement de la ligne de Hennef à Ruppichteroth (20 kil.)		242,000f
b) Établissement du pont sur la Sieg, y compris les abords.		88,500
c) Embranchement de Saurenbacherthal (2,5 kil.)		39,400
d) Stations des sections *a*) et *c*) avec les augmentations nécessitées par l'ouverture de la section *e*)		109,130
e) Établissement de la ligne de Ruppichteroth à Waldbroel (10 kil.)		172,100
f) Stations de la section *e*)		35,000
g) Matériel roulant et mobilier d'exploitation :		
aa pour l'entreprise primitive. (22k5)	93,000f	122,500
bb augmentation pour le prolongement (10k)	29,500	
h) Approvisionnements en magasin, réserve et solde en caisse		50,500
i) 400 actions non encore émises		150,000
k) Débiteurs divers		2,140
Ensemble		1,011,270f

PASSIF.

a) Compte du capital actions		637,500f
b) Sommes encaissées sur les subventions dues par l'État		180,000
c) Créanciers divers		193,770
d) Solde de l'exploitation, se décomposant en :		
1° Intérêts et réserve	7,500	
2° Fonds de renouvellement	10,300	
3° Amortissement	9,350	
Total du solde	27,150	
Balance		1,011,270f

ANNEXE N° 8.

REMARQUES DE L'ASSOCIATION DES ADMINISTRATIONS DES CHEMINS DE FER D'ALLEMAGNE SUR LES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL[1]

L'association des administrations des chemins de fer d'Allemagne a chargé une commission de préparer un programme des conditions dans lesquelles ces entreprises pourraient réussir. Voici les divers passages de ce programme :

« On ne peut méconnaître qu'en ne s'imposant pas l'obligation de « recevoir le matériel des lignes principales, on arrive bien plus sûre- « ment à construire des chemins de fer économiques, qui répondent « cependant au but qu'on a en vue et à toutes les conditions qu'exige « la sécurité de l'exploitation. On doit employer une largeur de voie « plus petite que la largeur normale toutes les fois qu'il s'agit de mar- « chandises dont le déchargement est sans inconvénient sérieux, et « quand la ligne secondaire ne vient pas se souder par ses deux extré- « mités à des chemins à largeur de voie normale.

« La largeur de voie réduite sera 1 mètre pour les lignes qui auront « un trafic assez considérable et qui exigeront, par conséquent, une « plus grande rapidité de transport. La largeur devra être de $0^{m},75$ dans « les autres cas.

« La plus grande liberté devrait être laissée aux administrations se- « condaires pour la construction des bâtiments et du matériel, et on « devrait ou supprimer, ou du moins limiter autant que possible, les « prescriptions réglementaires pour l'exploitation en ce qui concerne « les clôtures, les signaux, les installations des gares, les wagons de « secours, et beaucoup d'autres exigences relatives à la sécurité de la « circulation.

« Le mieux serait de laisser à la pratique le soin de régler ce qui est « nécessaire. Il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit de trains à faible « vitesse et à petite charge, et qu'avec l'emploi du frein à contre-vapeur « on peut les arrêter, en cas d'accident, aussi facilement qu'on arrête « un cheval sur une route.

« Naturellement les chemins secondaires ne seraient pas assujettis à « établir des locaux pour poste, télégraphe, etc. Non plus qu'aucune autre « installation que celles qui seraient nécessaires pour leur service.

1. Extrait de la chronique des *Annales des ponts et chaussées*. Mai 1870. Note par M. Michel. — Voir aussi *Organ für Fortschritte*. 1869.

« Aucun transport gratuit ou à prix réduit pour les militaires ou les « administrations publiques ne devrait leur être demandé.

« On laisserait entière liberté à l'administration du chemin de fer « pour fixer les honoraires, les tarifs, les classes de wagons de voya- « geurs, et on ne lui imposerait aucune règle spéciale pour ses relevés « statistiques. Elle serait seulement tenue d'avoir les livres de compte « comme toute entreprise industrielle et commerciale.

« Il faudrait étendre le droit d'expropriation, en faciliter l'usage, et en « même temps mettre en pratique le principe de la plus-value acquise « aux terrains traversés par la nouvelle voie de communication. . . . .

« Les chemins à voie étroite sont destinés au trafic local seulement, « et ne peuvent donner passage au transit entre deux lignes principales. « Ils peuvent être établis dans plusieurs cas :

« *a*. Dans le cas où le chemin ne doit pas se relier à une ligne prin- « cipale (dans l'intérieur d'usines, de mines, d'entrepôts, de carrières), « ou pour aboutir de ces établissements à un port, à un canal ou à une « rivière ;

« *b*. Dans le cas où les marchandises à transporter peuvent être transbordées sans de grands frais dans les wagons de la ligne principale ;

« *c*. Enfin dans le cas où la nature et la quantité des marchandises « rendent possible le chargement sur de petits wagons, et dans le cas où « il est indispensable de recourir à un transport aussi économique que « possible.

« Le transport des personnes n'est pas exclu.

« La largeur de la voie et le choix du moyen de locomotion doivent « être entièrement laissés à la disposition des personnes chargées de la « direction de ces chemins. Cependant, on recommande de ne choisir « que l'une ou l'autre des deux largeurs $0^m,75$ ou 1 mètre.

« La largeur en couronne sur les remblais doit être le double de la « voie. On recommande de l'augmenter dans les tranchées.

« Les courbes doivent avoir au moins 80 mètres de rayon (exception- « nellement 60 mètres) et les pentes au plus $0^m,040$.

« Les ouvrages doivent avoir au moins $0^m,05$ de largeur au delà du « gabarit des véhicules adoptés.

« On recommande l'emploi des machines-tender à quatre roues, pe- « sant au plus 15 tonnes, sur les chemins de 1 mètre de largeur, et « 10 tonnes sur les chemins de $0^m,75$.

« On recommande particulièrement l'emploi du système des tampons « uniques placés au milieu du wagon, à $0^m,75$ au-dessus du rail pour les « voies de 1 mètre de largeur, et à $0^m,50$ pour les voies de $0^m,75$.

« Il faut, autant que possible, éviter l'emploi des wagons à couver- « tures fixes, afin de faciliter le chargement. »

ANNEXE N° 9.

PROJET DE LOI POUR LES CHEMINS DE FER A TRACTION DE LOCOMOTIVES ÉTABLIS SUR LES ROUTES

Le 17 mars 1875 a été déposé à l'Assemblée nationale un projet de loi pour les chemins de fer à traction de locomotives établis sur les routes. Un exposé des motifs circonstancié précise le but de la proposition, à laquelle est jointe, à titre de renseignement, un projet de règlement d'administration publique. Le conseil d'État avait donné son avis sur le projet de loi, et la section des travaux publics a examiné le projet de règlement. Enfin, un rapport avait été déposé à l'Assemblée, par M. Varroy, le 30 juillet 1875 [1].

Nous donnons ci-dessous : 1° le texte du projet de loi adopté par la commission ; 2° le texte du règlement modifié par la section du conseil d'État.

I. — Projet de loi.

Art. 1er. — Il peut être établi des chemins de fer à traction de locomotives sur les routes nationales. Il peut en être établi pareillement sur toutes autres voies publiques, du consentement des départements, et les communes entendues.

Art. 2. — Les chemins de fer à traction de locomotives établis sur les voies publiques, conformément à l'article 1er ci-dessus, sont soumis à toutes les dispositions de la loi du 15 juillet 1845, sur la police des chemins de fer, sauf l'article 4, relatif aux clôtures et barrières, et les articles 5, 6, 7, 8, 9 et 10, relatifs aux servitudes spéciales imposées aux propriétés riveraines.

Toutefois, dans le cas où la sûreté publique l'exigerait, l'administration pourra faire supprimer les couvertures en chaume et les amas de matériaux combustibles, existant dans une zone de 10 mètres, à partir des rails extérieurs de la voie de fer. L'indemnité sera réglée conformément aux lois des 28 pluviôse an VIII et 16 septembre 1807.

Art. 3. — Des règlements d'admininistration publique détermineront : 1° les considérations générales auxquelles doivent satisfaire, tant pour

1. Voir Lamé-Fleury. — *Bulletin annoté des chemins de fer*, 3e livraison 1875, 1re et 2e livraisons 1876.

La proposition tendant à autoriser la traction des chemins de fer par locomotive le long des routes, a été reprise à la chambre des députés le 12 juin 1876, par MM. Aclocque et Ricot. *Officiel* du 22 juin 1876, page 4,400.

leur construction que pour leur exploitation, les chemin de fer dont l'établissement sur le sol des routes aura été autorisé ; 2° les rapports entre le service du chemin de fer et le service des routes, des chemins vicinaux et des autres voies publiques.

II. — Projet de règlement d'administration publique.

ART. 1er. — Tout chemin de fer à traction de locomotives, établi sur une voie publique, devra laisser, pour la circulation des voitures, une largeur libre de 6 mètres au moins, comptée à partir de la plus forte saillie des machines ou wagons.

La voie sera posée sur l'un des côtés de la route à une distance de l'arête de l'accotement qui sera fixé par les projets d'exécution.

Toutefois, dans les traverses des villes et villages où le passage du chemin de fer aura été autorisé, la voie occupera généralement le milieu de la chaussée.

Dans l'un et l'autre cas, les rails ne feront aucune saillie sur la surface de la route, dont le profil sera conservé sans altération, sauf le cas d'une autorisation spéciale de l'administration.

Il sera placé des contre-rails dans les traverses, ainsi qu'à la rencontre des voies de communication et partout où l'administration le jugera nécessaire, soit dans l'intérêt de la sûreté publique, soit pour desservir les propriétés riveraines.

ART. 2. — Il n'y aura, sauf dans les cas exceptionnels dont l'administration sera juge, ni barrière à la rencontre des voies de communication croisées à niveau, ni clôture d'aucune espèce sur l'un ou l'autre côté de la voie ferrée.

Le concessionnaire sera tenu, d'ailleurs, de prendre les dispositions nécessaires pour ne gêner en rien l'accès des chemins publics ou particuliers.

ART. 3. — Lorsque, pour maintenir la voie de fer dans les limites de courbure et de déclivité fixées par le cahier des charges, on devra faire subir quelques modifications à l'état de la route, le concessionnaire exécutera tous les travaux à ses frais, conformément aux projets approuvés par l'administration.

Il opérera pareillement, à ses frais, l'élargissement nécessaire pour restituer à la route les 6 mètres de largeur mentionnés à l'article 1er et les rectifications spéciales au chemin de fer.

Le concessionnaire aura enfin à fournir, sur les points qui lui seront

indiqués, des emplacements pour le dépôt des matériaux d'entretien, qui trouvaient place auparavant sur l'accotement occupé par la voie.

Art. 4. — Les travaux seront exécutés sous le contrôle et la surveillance de l'administration.

Ils seront conduits de manière à gêner le moins possible la circulation. Les chantiers seront éclairés et, au besoin, gardés pendant la nuit.

Le concessionnaire se conformera, du reste, à toutes instructions qui lui seront données dans l'intérêt de la sûreté publique.

Art. 5. — Le concessionnaire pourra être tenu, lorsque l'administration en reconnaîtra la nécessité, d'empierrer ou de paver la surface comprise entre les rails et, en outre, deux zones d'un mètre de largeur, mesurée à partir du bord extérieur des rails. Il entretiendra constamment toute cette surface en bon état. Faute par lui de remplir cette obligation, il y sera pourvu d'office, à ses frais, à la diligence de l'administration.

Le montant des dépenses ainsi faites sera recouvré au moyen de rôles rendu exécutoires par le préfet.

Art. 6. — La vitesse des trains ne dépassera pas 20 kilomètres à l'heure. Cette vitesse devra, d'ailleurs, être réduite dans la traverse des lieux habités ou, en cas d'encombrement, sur la route.

Le mouvement devra également être ralenti ou même arrêté, toutes les fois que l'arrivée d'un train, en effrayant les chevaux ou autres animaux pourrait être cause de désordres ou occasionner des accidents.

La marche des trains devra être signalée au moyen d'une trompe, d'une corne ou de tout autre instrument du même genre, à l'exclusion du sifflet à vapeur. Les locomotives devront être munies des appareils les plus perfectionnés contre le jet des flammes par la cheminée et la chute des fragments de coke par le cendrier.

Art. 7. — Les trains ne peuvent stationner en dehors des gares que durant le temps strictement nécessaire pour le besoin du service.

Le nombre maximum des voitures composant les trains sera fixé, dans chaque cas particulier, par l'administration, le concessionnaire entendu.

Art. 8. — Tout dépôt de terre, de matériaux ou autres objets quelconques sur l'accotement occupé par la voie de fer, même à titre temporaire et en dehors des heures habituelles du passage des trains, est rigoureusement interdit.

Des arrêtés préfectoraux porteront cette disposition à la connaissance du public.

L'autorisation d'établir un chemin de fer sur le sol des routes et chemins pourra être retirée, en tout ou en partie, avant le terme fixé par le cahier des charges, dans les formes suivies pour la concession, lorsque la nécessité aura été reconnue par l'administration, après enquête, dans l'intérêt public.

En cas de retrait de la concession par le motif ci-dessus indiqué, le concessionnaire aura droit au remboursement des dépenses utiles faites pour l'établissement du chemin.

Art. 9. — Les chemins de fer à traction de locomotives établis sur les routes sont soumis aux dispositions de l'ordonnance du 15 novembre 1846, concernant la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer en tout ce à quoi il n'est pas dérogé par le présent règlement.

ANNEXE N° 10.

CONCOURS DES GRANDES COMPAGNIES POUR LA FORMATION DU CAPITAL DES CHEMINS SECONDAIRES

La ligne d'Anvin à Fréthun, près Calais, déclarée d'utilité publique le 1er mars 1876, a été concédée à une Compagnie dont fait partie M. Émile Level, l'habile ingénieur et directeur des Compagnies d'Enghien à Montmorency, d'Achiet à Bapaume et à Marcoing, de Boisleux à Marquion, et de Bertincourt à Saint-Quentin, etc..., auteur d'un ouvrage très-estimé sur la construction et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local.

M. Level a été à même de reconnaître qu'une des grandes causes d'insuccès des chemins secondaires consistait dans la difficulté de se procurer le capital de construction à un taux convenable, par suite du manque de crédit de ces lignes. Il a pensé que lorsque ces chemins étaient de véritables affluents des grandes Compagnies, ces dernières pourraient non-seulement s'intéresser dans la construction, mais en outre apporter le concours de leur crédit pour la réalisation des capitaux, et il a réussi à faire triompher cette idée judicieuse.

Dans une note du 1er septembre 1875, intitulée « de l'Association des grandes Compagnies et des Sociétés locales, et de l'application de la voie étroite en vue de la construction et de l'exploitation économique des chemins de fer départementaux », M. Level nous apprend que la Compagnie du Nord consent à avancer le capital nécessaire pour la construction de divers embranchements. La Société locale remboursera chaque année la somme qui lui aura été nécessaire de dépenser pour le service des obligations, en intérêts, en amortissements, primes de remboursements, etc,..

En outre, et pour avoir le droit d'être représenté au conseil de ces sociétés, afin d'en contrôler la gestion, la Compagnie du Nord a souscrit des actions de ces mêmes chemins, savoir :

1200 actions de Boisleux à Marquion,
1000 actions de Bertincourt à Saint-Quentin,
2600 actions d'Anvin vers Calais.

M. E. Chabrier avait posé les bases d'une semblable association entre les grandes et les petites Compagnies dans sa lettre du commencement de 1875 adressée à M. Caillaux, ministre des travaux publics.

MISE A FEU

DU

HAUT-FOURNEAU N° 3

A L'USINE D'AULNOYE (NORD).

(Novembre 1875.)

PAR M. A. M. KOWALSKI.

Le haut-fourneau dont il s'agit a été construit dans le courant de l'année dernière à l'usine d'Aulnoye (Nord). Ses dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre au gueulard. 3m90
Diamètre maximum au ventre. 5m32
Le ventre est raccordé aux étalages par une partie courbe.
Plus petit diamètre de l'ouvrage. 1m71
La hauteur du ventre au-dessus de la sole est 5m00 + 1m35 = 6m35
La hauteur totale est de. 16m00

Il n'y a pas de revêtement extérieur; le gueulard est ouvert, et sa plate-forme est supportée par 8 colonnes ; la prise de gaz se fait par une trémie cylindrique ; le fourneau n'a pas d'avant-creuset, les laitiers s'écoulent par une tuyère Lurmann distincte du trou de coulée. Quatre tuyères sont disposées pour donner le vent.

Le chargement du fourneau pour la mise à feu a été fait de la manière suivante :

Le creuset a d'abord été rempli de bois jusqu'au-dessus des tuyères, puis on a chargé :

200 kil. de charbon de bois,
1000 kil. de coke avec 200 kil. de castine,
50 kil. de laitier vitreux,
4000 kil. de coke mélangé avec 800 kil. de castine et 200 kil. de laitier vitreux.

Le chargement s'est ensuite continué comme suit :

5	charges de	700 kil.	de coke,	700	de minerai et	350 kil.	de castine
5	—	800	—	840	—	440	—
5	—	900	—	1020	—	480	—
5	—	1000	—	1200	—	560	—
5	—	1000	—	1250	—	575	—
5	—	1000	—	1300	—	590	—
5	—	1000	—	1350	—	605	—
5	—	1000	—	1400	—	620	—
5	—	1000	—	1450	—	635	—
5	—	1000	—	1500	—	650	—
5	—	1000	—	1550	—	665	—
5	—	1000	—	1600	—	680	—
5	—	1000	—	1650	—	695	—

c'est-à-dire qu'à partir des charges de 1000 kil. de coke, on augmentait toutes les cinq charges, de 50 kil. de minerai et 15 kil. de castine. Le fourneau était ainsi rempli avec 65 charges jusqu'au-dessous de la trémie ; celle-ci n'était pas encore posée.

Le chargement du fourneau avait été opéré dans des conditions exceptionnellement mauvaises ; c'était dans les premiers jours de décembre, il avait neigé pendant tout le temps qu'avait duré le chargement (8 jours) ; aussi, malgré la précaution qu'on avait eue d'abriter le coke sous une halle, et de couvrir soigneusement le gueulard, les charges contenaient une très-forte proportion d'eau.

Le feu fut mis au fourneau par le trou de coulée, le 15 décembre 1874 à 10 heures 15 du matin ; il prit difficilement ; le tirage ne s'établissait pas à travers les charges mouillées ; on déboucha les tuyères afin d'établir un tirage plus fort. Après un certain laps de temps, les gaz commencèrent à passer au gueulard où on brûla de la paille pour maintenir les gaz allumés et activer le tirage ; les gaz passaient partout également, sauf du côté du trou de coulée, sur le devant du fourneau.

Le feu ne prenait cependant pas régulièrement : il était très-beau sur le devant, et se montrait aux deux tuyères de ce côté, tandis que les deux tuyères de derrière restaient obscures. On remit le feu par celles-ci au moyen de charbon de bois, et quand il fut pris partout, à 11 heures 30, on souffla dans le fourneau avec 4 buses de 5 centimètres et à une pression de 4 centimètres de mercure ; le trou de coulée restait ouvert.

A midi, on arrêta la soufflerie et on laissa réchauffer le creuset pendant une demi-heure ; à midi et demie, on boucha le trou de coulée avec du fraisil et du charbon de bois maintenu par une brique, puis on souffla de nouveau avec une pression de 4 centimètres de mercure. Le gaz brûlait régulièrement sur toute la surface du gueulard.

A 3 heures et demie, le laitier commença à couler par le trou de coulée ; on boucha alors celui-ci avec du charbon de bois et du sable.

A 5 heures, on lâcha le laitier par le trou de coulée ; il était court, sec, chargé de fer.

A partir de ce moment, on commença les lâchages de laitier par la tuyère Lurmann ; il resta sec et chargé de fonte jusqu'à 11 heures du soir ; il parut alors devenir meilleur.

Pendant ce temps la descente des charges se faisait irrégulièrement : les matières descendaient sur le devant du fourneau ; une cassure droite s'était formée dans la charge vers le milieu de la section du gueulard, et la partie de derrière restait accrochée.

A 5 heures, on commença à charger le fourneau et l'on mit :

5	charges de	1000	kil. de coke,	1700	kil. de minerai et	710	kil. de castine
5	—	1000	—	1800	—	740	—
5	—	1000	—	1900	—	770	—
5	—	1000	—	2000	—	800	—
5	—	1000	—	2100	—	830	—

c'est-à-dire que pour 1000 kil. de coke, on augmentait, de 5 en 5 charges de 100 kil. de minerai et de 30 kil. de castine. On chargeait de manière à mettre un excès de coke sur le derrière du fourneau.

Le 16 décembre à 4 heures du matin, on coula la fonte pour la première fois ; elle était naturellement très-froide : on eut 3000 kil. de fonte environ. A 10 heures du matin et à 6 heures du soir on coula de nouveau.

Pendant ce temps les charges continuaient à descendre sur le devant du fourneau, tandis qu'elles restaient accrochées sur l'arrière. On avait sondé la charge plusieurs fois sans en éprouver aucune résistance : en brisant la croûte supérieure on était arrivé à disposer la charge en gradins mais la partie d'arrière restait attachée au fourneau. On fit alors 9 charges blanches de 1000 kil. de coke et 200 kil. de castine et on laissa tomber la charge jusqu'à environ 5 mètres au-dessus du gueulard ; l'accrochage finit par céder peu à peu dans la journée du 17 décembre : les tuyères de derrière étaient obscures, en on voyait passer devant-elle des morceaux de castine et de minerai non réduit : il est probable que ce qui s'était passé en haut se reproduisait en bas.

Dès le 16 au soir, la fonte était figée dans le creuset, et on ne pouvait plus couler par le trou de coulée ; on lâchait constamment fonte et laitier par la tuyère Lurmann. A 10 heures 30 du matin le 17, on mit devant le trou de coulée une forte charge de charbon de bois recouvert d'un bourrage, et on souffla au soufflet de forge pour réchauffer le trou.

Enfin le 18 au matin, la charge descendait régulièrement et on coula la fonte par le trou de coulée à 3 heures et demie ; elle était bien chaude.

On remplit alors le fourneau avec des charges de

1000 kil. de coke, 1200 kil. de minerai, 560 de castine ;

quand le fourneau fut rempli jusqu'au gueulard, on continua les chargements avec des charges de

1000 kil. de coke, 1800 kil. de minerai, 740 kil. de castine, et l'on augmenta progressivement.

Le fourneau continua à bien marcher et produisit pendant plusieurs jours de la fonte à moulage n° 3 et n° 2 : on le mit alors en allure d'affinage.

L'accrochage avait certainement été produit par les matières humides qui ont formé muraille dans l'intérieur de la charge : en outre, le tirage se faisant mal au début, on a dû souffler trop tôt; et comme, par suite d'une circonstance particulière, la pompe alimentaire était montée sur l'arbre du volant de la soufflerie, on devait tourner trop vite et on soufflait à 4 centimètres de mercure, alors qu'on aurait voulu souffler à 1 ou à 2. De plus le vent était froid, les appareils à air chaud n'étant chauffés que par de petits foyers au coke; l'ouvrage était donc trop refroidi. Voilà, je crois les causes qui ont amené ces divers accidents; depuis cette époque, le fourneau se comporte admirablement.

Je termine en donnant la composition des matières employées lors de la mise à feu :

MINERAI.

Silice	22.10
Chaux	7.00
Alumine	6.00
Oxyde ferrique	51.90
Matières volatiles	13.00
	100.00

Le coke contenait 15 pour 100 de cendres dont la composition était la suivante :

Silice	60.00
Chaux	4.45
Oxyde ferrique	13.57
Alumine	20.45

Le dosage de la castine a été calculé de manière à obtenir un laitier d'une composition moyenne de

Silice	39.50 °/₀
Alumine	11.10
Chaux	45.10

Paris. — Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(MARS ET AVRIL 1876)

N° 34

Pendant ces deux mois, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Bascules à romaine* (*Contrôle permanent pour impression sur Tickets du poids des marchandises pesées sur*), système Chameroy, communiqué par M. Armengaud jeune fils (Séance du 3 mars, page 216).

2° *Air comprimé pour la locomotion* (*Emploi de l'*), par M. Mékarski (Séances des 3 et 17 mars et 21 avril, pages 220, 242 et 258).

3° *Exposition de Philadelphie* (Séance du 17 mars, page 238).

4° *Poutres en fer ou en acier* (*emploi comparatif des*), par M. Gautier (Séances du 17 mars et 7 avril, pages 239 et 251).

5° *Ressorts de suspension des véhicules de chemins de fer*, par M. Rey (Séance du 17 mars, page 244).

6° *Outils à travailler le bois employés au Japon par les Menuisiers et les Charpentiers*, par M. Lescasse (Séance du 7 avril, page 246).

7° *Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur* par M. Jourdain (Séance du 7 avril, page 246).

8° *Jaugeage des cours d'eau* (*Nouvelle formule de*) par M. Bazaine (Séance du 7 avril, page 249).

9° *Poutre droite* (*Méthode graphique pour la détermination des moments fléchissants d'une*), par M. Fouret (Séance du 21 avril, page 252).

Pendant ces deux mois, la Société a reçu :

1° De M. Delesse, ingénieur en chef des mines, un exemplaire de l'analyse de son ouvrage sur *le Fond des mers*, *Études lithologiques*, par M. Delaire.

2° De M. Spée, membre de la Société, un exemplaire d'un mémoire sur l'*Exploitation des chemins de fer américains par traction mécanique*.

3° De M. Liébaut, membre de la Société, l'analyse du *Traité de Génie rural*, par M. Hervé-Mangon, membre de l'Institut, ingénieur en chef des ponts et chaussées, etc., etc.

4° De M. Thirion (Charles), membre de la Société, des exemplaires de sa brochure sur les *Marques de fabrique en France et à l'étranger*.

5° De M. Jourdain, membre de la Société, des exemplaires du premier bulletin de l'*Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur*.

6° De M. Lencauchez, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité sommaire concernant la tourbe*.

7° De M. Lescasse, membre de la Société : 1° une collection d'*outils de charpentiers et de menuisiers en bâtiments* ; 2° une étude sur les *constructions japonaises et sur les constructions en général, au point de vue du tremblement de terre*.

8° De M. Fouret, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Méthode simple et rapide pour la détermination graphique des moments de flexion*.

9° De Bonnin, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude sur les ponts métalliques*.

10° De MM. Champion et Gillet, un mémoire sur l'*Action du noir animal sur les jus sucrés, nouveau mode de révivification*.

11° De M. Georgin, membre de la Société, une notice sur les *Règles pratiques à suivre dans la trace des canalisations d'usines à gaz*.

12° De M. Savy, membre de la Société : 1° un Mémoire sur *la fabrication des agglomérations à la Compagnie de Graissessac ;* 2° *une note sur le projet de percement d'un tunnel, reliant la France à l'Angleterre.*

13° De M. D'Oreet un exemplaire d'une note *sur la traversée de la Manche à pied sec, le banc de Varne et le Zuyderzée du Pas-de-Calais.*

14° De M. D. A. Ulcciani, un exemplaire d'une note sur l'*emploi de l'air comprimé comme force motrice, son rôle dans l'avenir, établissement d'un barrage dans la Seine à Paris.*

15° De M. Lockert, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les deux projets sur *la traversée du Pas-de-Calais, Tunnel sous-marin, par M. Michel Chevalier ; passage à ciel ouvert, par M. Vérard de Sainte-Anne.*

16° De M. Hallopeau, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur la *Clarification mécanique des liquides*, par M. P. Stéculorum.

17° De M. Piquet (Alphonse), membre de la Société, un *Rapport sur la richesse minérale de la province de Santander.*

18° De M. Barrault, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude historique et comparative du servo-moteur Farcot.*

19° De M. Desbrière, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les perfectionnements récents et les nouvelles applications du système *de chemins de fer à rail central.*

20° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros de janvier et février 1876.

21° *Annales industrielles*, les numéros de janvier et février 1876.

22° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

23° Des *Annales des mines*, le numéro de la 1re livraison de 1876.

24° Des *Annales du Génie civil*, les numéros de mars et avril 1876.

25° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

26° Des *Annales de la construction* (*Nouvelles*), les numéros de mars et avril 1876.

27° Des *Annales des chemins vicinaux*, les numéros de mars et avril 1876.

28° De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France*, le numéro de son Bulletin.

29° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 37 et 38 de son bulletin.

30° *De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de mars et avril de son bulletin de l'année 1876.

31° Du *Comité des forges de France*, les numéros 109 et 110 du bulletin.

32° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros de mars et avril 1876.

33° Du *Courrier municipal* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

34° De l'*Encyclopédie d'architecture*, les numéros de janvier et février 1876.

35° De l'*Economiste* (journal), les numéros de février 1876.

36° De l'*Engineering*, les numéros de mars et avril 1876.

37° De la *Gazette des Architectes*, les numéros de mars et avril 1876.

38° De la *Gazette du Village*, le numéro de février et mars 1876.

39° *Iron* journal *of science*, *metals et manufacture*, les numéros du quatrième trimestre de l'année 1875.

40° De l'*Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs *Minutes of Proceedings* de 1875 et 1876.

41° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, les numéros du troisième trimestre 1875 de son bulletin.

42° De l'*Institution of Mining Engineers americans*, les numéros de leurs *Transactions*.

43° Du journal *d'agriculture pratique*, les numéros de mars et avril 1876.

44° Du journal *des chemins de fer*, les numéros de mars et avril 1876.

45° Du journal *de l'éclairage au gaz*, les numéros de mars et avril 1876.

46° Du journal *of the American Society of Civils Engineers*, les numéros de janvier et février 1876.

47° De *la Houille* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

48° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

49° Du *Musée Royal de l'industrie de Belgique*, les numéros de janvier et février 1876 de son bulletin.

50° Du *Moniteur des chemins de fer* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

51° Du *Moniteur industriel belge*, les numéros de mars et avril de l'année 1876.

52° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros de janvier et février 1876.

53° Du *Moniteur des travaux publics* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

54° De l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (journal), le numéro 2 de 1876.

55° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros de mars et avril 1876.

56° De la *Revue d'architecture*, les numéros 1 et 2 de l'année 1876.

57° De la *Revista de obras publicas*, les numéros de janvier et février 1876.

58° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros de mars et avril 1876.

59° De la *Revue horticole*, les numéros de mars et avril 1876.

60° De la Revue *les Mondes*, les numéros de mars et avril 1876.

61° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du quatrième trimestre 1875.

62° *De la Société de Physique*, les numéros de son bulletin du quatrième trimestre de l'année 1875.

63° De la *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs *Transactions* pour l'année 1875 et 1876.

64° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de septembre et octobre 1874.

65° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros de octobre, novembre et décembre 1875 de son bulletin.

66° De la *Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens*, les numéros du quatrième trimestre de 1875, de leur *Revue périodique*.

67° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du troisième trimestre 1875 de son bulletin.

68° De la *Société d'encouragement*, les numéros de mars et avril 1876 de son bulletin.

69° De la *Société de géographie*, les numéros de mars et avril 1876 de son bulletin.

70° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, les numéros de avril, mai et juin 1875 de son bulletin.

71° De la *Société des Ingénieurs portugais*, les numéros du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

72° *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du troisième trimestre 1875 de son bulletin.

73° De la *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le quatrième numéro de son bulletin de 1875.

74° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin de janvier et février 1876.

75° De la *Société scientifique industrielle de Marseille*, le numéro du quatrième trimestre de 1875 de son bulletin.

76° De la *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 1 et 2 de 1876 de son bulletin.

77° De la *Société des Arts d'Edimburgh*, le premier numéro de 1875 de son bulletin.

78° De la *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome XX de la quatrième série de son bulletin.

79° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, son bulletin du troisième trimestre de 1875.

80° De la *Société industrielle de Rouen*, le numéro du quatrième trimestre de l'année 1875 de son bulletin.

81° De la *Semaine financière* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

82° *Sucrerie indigène* (*La*), par M. Tardieu, les numéros de janvier et février 1876.

83° Du *The Engineer* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

84° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du troisième trimestre 1875 de son bulletin.

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois de mars :

MM. Biarez, présenté par MM. Le Brun, R. Mallet et Rey.
David, présenté par MM. Couard, Daveluy et Rubin.
Devilliers, présenté par MM. Carimantrand, Contamin et Marché.
Fournier, présenté par MM. Chabrier, Richard et Thouin.
Guyot-Sionnest, présenté par MM. Calla, Chaligny et Molinos.

Au mois d'avril.

MM. Eassies présenté par MM. Jordan, Molinos et Richard.
Frion, présenté par MM. Barrault, Farcot Joseph et Farcot Paul.
Le Bel, présenté par MM. Champion, Le Brun et Lancauchez.
Leneveu, présenté par MM. Chrétien, Fontaine et Macabies.
Le Page, présenté par MM. Callon, Périssé et Vée.
Leseur, présenté par MM. Barrault, Cholet et Fourret.
Lescasse, présenté par MM. Barrault, Marché et Pélegry.
Mohr, présenté par MM. Elwell père, Elwell fils et Nye.
Olanier, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Pereire Eugène.
Sherman, présenté par MM. Garnier, Jordan et Marché.
Tarantini, présenté par MM. Cottrau, Godfernau et Fouquet.
Thirion, présenté par MM. Hervier, Legat et Marchal.
Ubays, présenté par MM. Chabrier, Gottschalk et Ronna.
Véga, présenté par MM. Barrault, Chabrier et Daguin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIe BULLETIN DE L'ANNÉE 1876

Séance du 3 Mars 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. Asselin observe, au sujet du procès-verbal de la séance du 18 février, que ce procès-verbal a été clos sur la preuve que M. Allaire aurait faite que les huiles sortant du pressoir contiennent des acides gras libres en quantités appréciables. Il n'a rien été ajouté à cela en séance.

M. Asselin désire que la discussion ne soit pas close sur l'assertion de M. Allaire, qu'il conteste de la manière la plus formelle, et qu'il est prêt à réfuter si la discussion doit se poursuivre.

Sous réserve de cette observation ce procès-verbal est adopté.

La parole est donnée à M. J. Armengaud pour une communication sur le système proposé par M. Chameroy, pour le contrôle permanent, par impression sur tickets, du poids des marchandises pesées sur les bascules à romaine.

M. Armengaud jeune fils commence par rappeler que de toutes les manutentions auxquelles sont soumises les marchandises dans le commerce et dans l'industrie, l'opération du pesage est, sans aucun doute, la plus importante, celle qui demande à être faite avec le plus de soins, et qui est le plus souvent répétée; l'exactitude en est la condition nécessaire. Les matières premières, comme les produits manufacturés, se vendent au poids, le poids détermine seul presque toujours les droits de douane, avec la distance il est la base du tarif des transports sur les canaux et sur les chemins de fer. Perfectionner l'instrument de pesage, en améliorer la délicate fonction, la rendre plus sûre et plus rapide, c'est donc introduire un progrès sérieux, dont l'influence est générale. Un tel progrès se rattache par un certain côté à la grave question de l'exploitation des gares de marchandises, dont les lenteurs ont été critiquées ici, lors d'une récente communication.

A ces divers points de vue, le système de contrôle imaginé par M. Chameroy, notre collègue, mérite d'appeler l'attention des membres de la



Société. Il les intéressera d'autant plus qu'ils sont appelés à en rencontrer bientôt des applications, puisque ce système vient d'être admis par le ministère du commerce au poinçonnage, et à la vérification, et que cette admission équivaut à une véritable recommandation.

Le perfectionnement de M. Chameroy concerne particulièrement la bascule à romaine, qui est aujourd'hui l'appareil de pesage presque exclusivement employé pour les marchandises lourdes, dans les magasins privés et publics, comme dans les entrepôts et les gares de chemins de fer.

Le remplacement de la bascule à poids par la bascule à romaine a singulièrement simplifié l'opération du pesage, en la réduisant au déplacement d'un curseur pesant sur un fléau gradué. Mais cette facilité même de peser a eu pour conséquence de multiplier les erreurs et les fraudes. Dès que la marchandise est enlevée, on n'a plus, comme avec les anciennes balances, la ressource de compter de nouveau les poids qui avaient équilibré la charge, pour vérifier la mesure mal lue; en un mot, il ne reste aucune trace certaine comme garantie des pesages effectués.

C'est cette lacune que M. Chameroy s'est proposé de combler en créant son système de contrôle, qui consiste à imprimer au moyen de la bascule elle-même les poids en chiffres ordinaires, sur des petits cartons spéciaux, semblables aux tickets de chemin de fer. Ces résultats sont obtenus sans changer la forme ordinaire des bascules, ni le mode actuel de pesage, et surtout sans y ajouter aucun appendice distinct. M. Chameroy, en effet, utilise pour son système le fléau et le curseur qui deviennent les organes de son mécanisme d'impression.

M. Armengaud explique les détails de ce mécanisme et sa fonction, en s'aidant du modèle d'appareil qui est sous les yeux des membres de la Société. Le dessin ci-dessous montre le fac-simile d'un carton.

BASCULE	POIDS	A CONTRÔLE
6—	Bt	Ɛ
	Tre	—8
12	Net	
CHAMEROY		PARIS

Le levier ou romaine porte sur sa tranche inférieure des poinçons en acier, représentant des chiffres en saillie, et espacés aux points convenables déterminés par les dimensions du fléau et de son curseur. Ces chiffres représentent des centaines pour une bascule pesant un peu au-delà de mille kilogrammes. Dans l'intérieur du curseur est disposée une pièce mobile au-dessous du fléau, et pouvant s'en rapprocher sous l'action d'un levier ou pédale à excentrique. Une ouverture transversale pratiquée dans le curseur sert à y introduire le petit carton entre la pièce mobile et la tranche du fléau.

On peut de la sorte imprimer les centaines, mais il importe aussi d'apprécier les subdivisions, et de les imprimer.

M. Chameroy atteint ce double but par une disposition très-simple, évitant la complication des curseurs additionnels se déplaçant sur des fléaux, soit au-dessus, soit dans le prolongement du fléau ordinaire. Dans le curseur, il dispose une règle glissant à l'instar d'un verrou et munie également, sur sa tranche inférieure, de chiffres représentant les dizaines, et accompagnées chacune d'un petit trait horizontal. Enfin les unités sont imprimées à l'avance sur un carton de dimensions exactes, où elles sont indiquées par des traits horizontaux correspondants aux chiffres exprimant des kilogs. Chaque intervalle de deux traits est partagé en deux par un point.

La bascule ainsi agencée permet d'obtenir l'impression automatique d'un poids pesé. A cet effet, on amène le curseur sur l'unité des centaines qui est la plus voisine de l'équilibre, et on parfait cet équilibre en faisant glisser le verrou de gauche à droite dans le curseur. On introduit alors le carton dans l'ouverture du curseur, et on fait agir sur le levier. Par cette action, les chiffres des centaines et des dizaines sont poinçonnés sur le carton. La position du trait de la dizaine dans l'intervalle d'un point et d'un trait du carton permet une mesure avec une approximation de 1/4 de kilogramme. Dans l'exemple ci-contre le poids imprimé est 1267k,75.

On a ainsi sur le carton exactement inscrit le poids accusé par la bascule; c'est l'instrument lui-même qui, on peut le dire, a enregistré son opération. Ces cartons, sortes de procès-verbaux de l'opération du pesage, peuvent donc accompagner comme pièces justificatives les factures et les bons de livraisons.

M. Armengaud résume ainsi les avantages que présentent les bascules munies du nouveau système de contrôle :

1° Contrôle absolu par la substitution à l'indication fugitive fournie par la lecture ordinaire sur le fléau d'une trace permanente du poids, sous forme d'une impression sur ticket, produite par la bascule elle-même.

2° Lecture plus facile du poids se faisant en un même point sur une ligne verticale. Inutilité dans la pratique de cette lecture qui est une opération délicate, à la longue fatigante pour la vue, et exigeant toujours un employé intelligent, tandis que le pesage par voie d'impression peut s'exécuter avec un simple manœuvre qui n'a plus qu'à s'assurer de l'équilibre par l'inspection des pointes ou fers de la bascule.

3° Surveillance facile des opérations. Il suffit à un employé de constater à distance la position des pointes au moment de l'impression. M. Chameroy a même imaginé un mécanisme qui empêche cette impression tant que l'équilibre n'a pas lieu.

4° Conservation du poids sur un ou plusieurs tickets, et certitude absolue que toute fausse indication de poids est le résultat d'une erreur volontaire ou d'une fraude.

A ces avantages il faut ajouter celui qu'offre le nouveau système, de

pouvoir comparer entre elles les bascules par lesquelles a passé une même marchandise, et de contrôler ainsi les instruments de pesage eux-mêmes en indiquant ceux qui pèsent faux et sont d'une construction vicieuse ou ont besoin de réparations à la suite d'une détérioration par accident ou autre cause.

M. Armengaud passe ensuite aux applications diverses des bascules à contrôle.

1° *Douanes. — Entrepôts. — Marchés.* — Il est d'une grande importance dans ces établissements d'être certain de l'exactitude des pesées, et d'en pouvoir conserver les traces. — Les tickets porteraient d'un côté les poids imprimés, et sur l'autre face le numéro de la bascule et la date de l'opération de pesage. Pour les usines ils pourraient en outre indiquer le nom du fabricant et celui de l'acheteur.

Enfin, dans le cas de pesage de marchandises chargées sur des charrettes ou des wagons, les tickets seraient disposés pour recevoir sur la même face, mais sur les côtés opposés : 1° l'indication du poids brut; 2° la tare. — Le poids net serait inscrit au centre et à la main. C'est cette disposition qui est figurée dans le dessin page 217.

Dans certains cas particuliers, il serait possible d'employer, au lieu de tickets, des bandes de papier sans fin, disposées pour recevoir, les unes sous les autres, les indications successives des pesées effectuées.

2° *Chemins de fer. — Pour l'enregistrement des bagages des voyageurs.* — Il est très-pratique et très-facile d'imprimer le poids des bagages sur les tickets même des places, et cette impression servirait de contrôle tant pour le voyageur que pour l'administration. Pour les transports en grande ou petite vitesse, des tickets spéciaux à chaque administration indiqueraient le poids des marchandises, la date des pesages, et pourraient accompagner les lettres de voiture, en garantissant ainsi les intérêts des compagnies et ceux des particuliers.

Tel est le système de M. Chameroy, qui, d'une conception ingénieuse et d'un emploi pratique, répond à un besoin impérieux, celui d'assurer la rapidité et surtout la sécurité contre les erreurs et la fraude, dans les transports des marchandises, et dans les transactions commerciales.

M. le Président fait observer que l'impression du poids des bagages sur le bulletin de place des voyageurs ne sera possible qu'au prix de quelques modifications à apporter au mode actuel d'enregistrement des bagages.

Il remercie M. Armengaud de sa communication. Sur la demande d'un membre, M. Chameroy indique que son système peut s'appliquer à toutes les balances à fléau, pourvu qu'elles fonctionnent sans addition de poids, et qu'il est d'ailleurs généralement facile d'adapter à ces dernières le système d'un curseur mobile sur le fléau.

L'ordre du jour appelle la discussion sur la communication de M. Mékarski, sur l'emploi de l'air comprimé pour la locomotion.

M. J. MORANDIÈRE désire présenter deux observations. La première, au sujet des machines locomotives, dont l'élasticité de puissance est plus grande que ne le ferait supposer la communication de M. Mékarski. Bien que les locomotives soient en général appropriées à un service déterminé, trains rapides ou trains lents, il existe néanmoins, et notamment au chemin de fer du Nord, des machines à six roues accouplées (d'un diamètre d'environ $1^{m},40$), faisant indifféremment l'un ou l'autre service. Tant au point de vue de l'économie de combustible que sous les autres points de vue, elles se comportent également bien, en remorquant, soit des trains de marchandises à 25 kilomètres à l'heure, soit des trains de voyageurs marchant de 45 à 55 kilomètres à l'heure : elles fonctionnent ainsi sur les mêmes lignes dans des conditions de traction bien différentes, et avec des vitesses du mécanisme, variant du simple au double.

La deuxième observation tend à faire ressortir l'intérêt de la comparaison entre les moteurs mécaniques et les moteurs animés, en rappelant, au cours de la présente discussion, l'importance des installations que comportent ces derniers.

Une ligne de tramways dont le parcours exigerait une heure, soit 10 à 12 kilomètres de longueur, et desservie toutes les dix minutes, de sept heures du matin à onze heures du soir, exigerait douze voitures en roulement effectif, chacune faisant huit trajets doubles par jour. D'après les conditions généralement admises, cela correspondrait à huit paires de chevaux par voiture, soit 48 chevaux pour l'ensemble, ou 60 chevaux, en comptant la réserve, les renforts, etc. Si le service était à cinq minutes, il faudrait 120 chevaux, et enfin pour un service à deux minutes, les écuries devraient comporter 300 chevaux.

En comptant au minimum 10^{m2} par cheval, 100 chevaux occupent 1/10e d'hectare, et 300 chevaux environ un tiers d'hectare. Il ne s'agit ici que du bâtiment proprement dit, non compris les cours de pansement, l'abreuvoir, etc.

En voyant l'importance et le nombre des chevaux et des installations qui deviennent par suite nécessaires, on se rend mieux compte des avantages que peuvent présenter les moteurs mécaniques.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que ces observations sont relatives à la comparaison générale entre les moteurs mécaniques et la traction animale sur les tramways, et qu'il serait à désirer que la discussion s'engageât spécialement sur l'objet de la communication de M. Mékarski.

M. MALLET, avant d'entrer dans la discussion qui est ouverte, croit de toute justice de rendre hommage à la manière dont M. Mékarski a présenté sa communication. A son avis, le ton de parfaite convenance et de modération, dans les termes dont s'est servi l'auteur, doit être d'autant plus

apprécié qu'il présente un heureux contraste avec certains articles qu'on peut lire à chaque instant dans les journaux quotidiens sur la question de l'air comprimé, articles qui tendent à répandre et à entretenir les idées les plus inexactes dans un public dont, il faut bien le reconnaître, la majeure partie est absolument étrangère aux notions scientifiques même les plus élémentaires. C'est ainsi qu'on voit représenter l'air comprimé comme *un moteur nouveau*, *beaucoup plus économique que la vapeur*, *un moteur qui ne coûte presque rien*, etc.

On doit donc féliciter M. Mékarski d'être venu soumettre son système à l'examen de la Société des ingénieurs civils, dont les membres ne peuvent avoir ici d'autre préoccupation que la recherche de la vérité, c'est-à-dire, dans l'espèce, de la meilleure solution; une discussion complète et sérieuse dans des conditions de compétence et d'impartialité aussi indiscutables ne peut qu'apporter les plus utiles lumières sur une question d'actualité se rattachant aussi étroitement à celle des chemins de fer.

L'air comprimé n'est qu'un ressort dont on peut améliorer les conditions d'élasticité, mais qui ne peut jamais restituer qu'une partie du travail qu'on lui confie; il semble donc qu'au point de vue qui nous occupe, on ne peut laisser de côté le moteur primitif.

M. Mallet croit toutefois qu'on doit diviser les applications de l'air comprimé à la transmission de la puissance motrice en deux catégories, celles pour lesquelles l'emploi de l'air comprimé est absolument commandé par des considérations non techniques, par exemple des questions de sécurité, de salubrité, etc., et celles où la nécessité absolue de son emploi à ce point de vue n'existe pas.

Quant à la division qui serait fondée sur la nature de la force motrice qui doit être employée à la compression de l'air, elle est d'une importance secondaire.

Dans la séance du 18 juin 1875, au cours de la discussion qui a suivi la communication de M. Ribourt sur les locomotives à air comprimé du Gothard, M. Mallet a fait des réserves expresses sur l'économie qu'il peut y avoir à employer l'air comprimé sous prétexte qu'il est produit par un moteur naturel. Le moteur est gratuit, il est vrai, mais son emploi peut conduire à des installations très-dispendieuses et entraîner des conditions d'exploitation défavorables, par suite de l'exagération des poids morts.

Il paraissait d'autant plus inutile de poser la question sur le terrain économique, qu'au Gothard, le chiffre auquel doivent être rapportées définitivement toutes les dépenses étant le mètre courant de souterrain terminé, les frais de traction des matériaux et des déblais ne doivent guère faire qu'une fraction assez faible du prix de revient de ce mètre.

Depuis, M. Mallet a eu l'occasion d'examiner avec d'éminents ingénieurs étrangers la possibilité d'appliquer des locomotives à air comprimé à un chemin de fer à fortes rampes. La puissance motrice était gratuite et illimitée. Le résultat de l'examen a été que l'emploi de l'air comprimé conduirait à la suppression d'une dépense annuelle de 25 à 30,000 francs de

combustible, et que cette économie ne compenserait pas la somme de désavantages résultant d'une part de l'excédant des dépenses d'intérêt et d'entretien des appareils fixes, des frais de traction correspondant à l'augmentation des poids des locomotives (on n'utilisait pas l'adhérence dans le cas dont il s'agit), et surtout, d'autre part, de la dépendance complète et gênante des moteurs fixes; on a donc conclu à la supériorité des locomotives ordinaires.

Si la question peut paraître douteuse, lorsque l'air comprimé est produit sans dépense directe et journalière de consommation pour la production de la force motrice, il doit en être tout autrement lorsque cet air sera comprimé par des machines à vapeur.

M. Mékarski a cru cependant pouvoir invoquer quelque économie en sa faveur en se basant sur l'avantage que produira la concentration de la puissance motrice dans de grosses machines qui consommeront moins pour un travail donné que le même équivalent de puissance, divisé en petites locomotives à vapeur.

Partant d'une consommation de 1k,50 de charbon par cheval et par heure pour les grandes machines, et de 5 à 6 kilogrammes de coke pour les petites, il arrive à des prix comparatifs de 0f,2625 pour son système et de 0f,285 à 0f,342 pour les locomotives à vapeur.

M. Mallet se voit obligé de contester formellement la légitimité de ce parallèle, et demande la permission de s'étendre sur la comparaison des grosses machines et des petites au sujet de laquelle beaucoup de personnes partagent, au moins d'une manière générale, les idées de M. Mékarski.

La transformation de la chaleur en puissance mécanique dans les machines à vapeur comprend, comme on sait, deux phases distinctes : la production de la vapeur et son emploi.

On peut admettre que, dans de puissants générateurs, le kilogramme de houille vaporisera un peu plus d'eau que dans les très-petites chaudières, parce que, dans ces dernières, le volume restreint du foyer et la surface limitée de la grille rendent la combustion moins bonne, que la faible longueur des tubes laisse sortir dans la cheminée des gaz encore trop chauds, que les corps tubulaires sont plus mal protégés contre le refroidissement que des chaudières enveloppées d'épais massifs de briques, enfin que des exigences d'espace et de poids empêchent de donner les dimensions nécessaires et d'employer les précautions utiles pour assurer une production économique de vapeur.

Mais, en somme, que résultera-t-il de tout cela? Peut-être que la petite chaudière ne vaporisera que 6 à 6,5 kilogrammes d'eau par kilogramme de combustible, et la grande 9 kilogrammes. Admettons-le.

Voyons maintenant l'emploi de la vapeur.

M. Mallet commencera par citer un extrait d'un travail qu'il a présenté il y a quelques années à la Société avec M. B. Normand. (*Compte rendu des travaux de la Société*, 1869, page 464.) « Quant aux énormes accroissements « allégués du coefficient d'effet utile dans les grandes machines, la diffé-

« rence réelle est très-faible et rigoureusement serait en sens contraire. Les « grandes machines sont certainement supérieures comme travail de la « vapeur, mais presque toujours absolument inférieures comme valeur de « la puissance nette comparativement à la puissance brute sur les pistons ; « en un mot les coefficients de frottement croissent avec la dimension des « machines. » Les avantages des grandes machines comme emploi de la vapeur ne sont donc pas si énormes.

Il est facile de voir qu'il y a là erreur ou plutôt malentendu ; si les petites machines consomment beaucoup plus que les grandes, ce n'est nullement en vertu de leurs dimensions relatives, mais simplement parce qu'à cause de ces dimensions mêmes on néglige le plus souvent toute espèce de moyen de réduire la dépense de vapeur.

Les consommations absolues des petites machines sont faibles, les économies absolues réalisables sont donc insignifiantes, ces moteurs doivent généralement être transportables ; on est gêné pour le poids, pour l'espace ; on est obligé de les confier pour la conduite à des ouvriers peu soigneux, pour les réparations à des mécaniciens quelconques. Pour toutes ces raisons, on est obligé de conserver des types très-simples, mais peu favorables à l'économie du combustible.

Dès lors, est-il juste de prendre pour point de comparaison, d'un côté de grosses machines fixes réunissant tous les éléments de supériorité, de l'autre de petites machines choisies à dessein dans les types les plus inférieurs, et où tous ces éléments ont dû forcément être écartés ? M. Mékarski a-t-il bien le droit à la suite d'une comparaison aussi peu généreuse d'ajouter : « On voit donc alors que le coût de la consommation de com- « *bustible* n'est déjà pas aussi élevé que dans le cas de la traction par les « locomotives à vapeur qui sont aujourd'hui des engins très-perfectionnés, « alors que notre système de locomotion par l'air comprimé vient à peine « d'entrer dans l'application pratique. »

M. Mallet croit pouvoir repousser la qualification d'engins très-perfectionnés appliquée aux locomotives à vapeur, tout au moins en ce qui concerne l'utilisation de la vapeur, attendu que cette utilisation n'y a pas subi la moindre amélioration *depuis vingt-cinq ans*, tandis que toutes les autres machines recevaient d'incessants perfectionnements.

Mais il la repoussera surtout en ce qui concerne les locomotives de tramway que M. Mékarski a eues en vue et qu'on doit considérer au contraire comme des engins absolument primitifs et employant la vapeur d'une manière barbare ; on ne peut les regarder que comme un essai grossier et un premier pas dans une voie ouverte à de grandes améliorations.

Si on rétablit la comparaison sur des bases plus équitables, on arrivera à de tout autres résultats.

Supposons par exemple une machine fixe dépensant 9 kilogrammes de vapeur par cheval net sur l'arbre, et admettons un rendement de 25 pour 100 au lieu de 20, comme l'a supposé M. Mékarski pour tenir compte de tous

les intermédiaires, on arrivera à une dépense de 36 kilogrammes de vapeur par cheval développé à la jante des roues de la machine à air comprimé; soit avec une vaporisation de 9 kilogrammes à la chaudière, 4 kilogrammes de charbon par cheval net.

D'autre part, sans dépasser en rien les ressources actuelles mises à notre disposition par la science, mais en les utilisant dans la mesure nécessaire, il est parfaitement possible de construire de petites locomotives à vapeur ne dépensant pas plus de 15 à 18 kilogrammes de vapeur par cheval net, soit avec 6 ou 6,5 kilogrammes de vaporisation une consommation de combustible de 2,5 à 3 kilogrammes, soit une économie de 25 à 40 pour 100 sur la machine à air comprimé.

Mais il y a plus; l'idée de centraliser la puissance n'est pas à rejeter entièrement, mais ce n'est pas l'emploi de la vapeur qu'il faut concentrer, c'est sa production. On arrive alors naturellement au système à eau chaude ou machine sans feu, et si les 15 ou 18 kilogrammes de vapeur dont on a besoin par cheval peuvent être produits dans une grande chaudière à raison de 9 kilogrammes comme tout à l'heure par kilogramme de combustible, on arrivera à des consommations par cheval net qui atteindront au plus la moitié de celles des machines à air comprimé.

Si de la question des consommations de combustible on passe aux autres points dont l'ensemble constitue les frais de traction, l'infériorité des machines à air comprimé paraît aussi évidente. Sans vouloir poser des chiffres qui, comme l'a très-bien dit M. Mékarski, formulés sans être appuyés de tous les éléments du programme à remplir, ne pourraient qu'égarer la discussion, M. Mallet se borne à constater que, dans le système à air comprimé, on aura un matériel fixe composé de chaudières, machines, pompes de compression et réservoirs, plus un matériel roulant, et qu'une grande partie, sinon la totalité du premier, devra être établie en double pour éviter toute chance d'interruption dans le service; dans le système à eau chaude, on n'a besoin que de chaudières fixes et de matériel roulant, enfin les locomotives à vapeur n'ont pas besoin de matériel fixe dans l'acception qui est donnée ici à ce mot.

Or même, en admettant dans les deux derniers systèmes une certaine plus-value pour le matériel roulant par rapport aux voitures de M. Mékarski, il n'en restera pas moins un excédant considérable de dépenses d'établissement pour l'air comprimé, surtout si on tient compte des terrains occupés dont le prix sera généralement élevé à cause des conditions d'emplacement. L'intérêt du capital nécessaire et les dépenses d'entretien ne constitueront-elles pas de lourdes charges pour ce système? Il semble donc qu'il peut difficilement lutter avec les autres sur le terrain du prix de traction, et M. Mallet pense que M. Mékarski eût peut-être mieux fait de ne pas attirer la discussion sur ce terrain et de s'être maintenu franchement sur celui où les questions de sécurité, d'élasticité de puissance, d'absence de fumée et de bruit créaient à son système une position plus favorable.

Il est incontestable, en effet, que la machine à air comprimé remplit par-

faitement ces conditions; s'en suit-il qu'elle est la seule à les remplir? Ce serait peut-être aller trop loin.

M. Morandiere a abordé tout à l'heure la question de l'élasticité de puissance et montré que la locomotive à vapeur n'en est pas absolument dépourvue; on peut ajouter que cette élasticité de puissance n'a que peu de chose à voir avec le moteur lui-même, c'est plutôt une affaire de transmission. Ainsi, les grues à vapeur, les locomotives routières, présentent des exemples d'appareils où les éléments du travail, l'effort et la vitesse, peuvent être modifiés à volonté en sens inverse l'un de l'autre. Il y a encore d'autres moyens de donner aux locomotives une plus grande élasticité de puissance. M. Mallet espère pouvoir prochainement soumettre à la Société les résultats d'une première application sur des machines de chemins de fer actuellement en construction.

Quant à l'absence du bruit, de la fumée, des chances d'explosion, la supériorité de la machine à air est certainement incontestable, mais l'histoire des progrès de la locomotion n'est-elle pas là pour nous apprendre comment des appréhensions en apparence très-fondées se sont promptement évanouies au contact de l'expérience? Voici un curieux exemple : En 1820 une concession de bateaux à vapeur fut, dans un pays très-voisin, donnée à une Compagnie de navigation à la condition expresse que les voyageurs ne pourraient pas être portés sur le bateau à vapeur, mais bien dans des barques remorquées par celui-ci; il est inutile de dire que cette clause singulière ne survécut pas longtemps à la mise en service.

Les bateaux-omnibus de la Seine transportent des milliers de voyageurs; l'explosion d'une chaudière sur des embarcations d'aussi faibles dimensions, bondées de passagers, serait suivie d'un désastre. Est-il venu à l'idée de quelqu'un de proposer le remplacement des machines à vapeur par des machines à air que des réservoirs et des pompes de compression, installés au Point-du-Jour et à Bercy, alimenteraient à chaque voyage?

Il faut laisser beaucoup à faire à l'habitude, le public se familiarise rapidement avec des choses qui lui sembleraient d'autant plus dangereuses qu'on mettrait plus de soin à l'en écarter.

La machine à eau chaude répond d'ailleurs en grande partie aux objections faites à la machine à vapeur. M. Mallet a abordé ce sujet dans la séance du 18 juin, mais il est heureux de s'être trouvé à ce sujet en communauté d'idée avec un de nos collègues des plus compétents, M. Stapfer, qui a publié récemment, dans le Bulletin de la Société scientifique et industrielle de Marseille, une intéressante comparaison entre les machines à air comprimé et les machines à eau chaude, dites sans feu.

Il est bon de dire que la machine de M. Mékarski contient un élément important, la bouillotte, qui n'est autre chose qu'une petite chaudière sans feu. Si au lieu de 80 litres d'eau à 150°, cette bouillotte était disposée pour contenir 250 litres d'eau à 200°, on pourrait supprimer complétement les réservoirs à air, les pompes et la machine fixe, et avec 400 litres d'eau de

condensation sur la voiture, celle-ci ne pèserait pas plus que la voiture Mékarski et ferait le même travail plus économiquement.

Répondant à une objection faite par M. Mékarski, M. Mallet fait observer que dans la machine à eau chaude, où la somme disponible de calorique est limitée, plus que partout ailleurs, il est indispensable de recourir à tous les moyens pour utiliser la vapeur aussi complétement que possible, et que c'est à l'oubli à peu près complet de ces précautions que doivent être attribués les résultats assez médiocres obtenus jusqu'ici dans cette voie.

M. Mallet s'excuse d'être entré dans d'aussi longs développements, mais ils lui ont paru indispensables. Il tient à bien faire comprendre que son but n'était pas d'attaquer la machine à air comprimé, mais de défendre la machine à vapeur dont les admirables qualités, que l'avenir ne fera que développer encore, lui avaient paru quelque peu méconnues.

Il est bien loin de vouloir refuser tout rôle à la machine à air comprimé à laquelle de si importants perfectionnements ont été apportés par M. Mékarski, que leur emploi semble désormais inséparable de celui de l'air comprimé; il serait d'ailleurs injuste d'oublier que cette machine aura eu le mérite de frayer la voie aux moteurs mécaniques sur les tramways parisiens.

Quelles que soient les divergences d'appréciation qui les séparent, M. Mallet est heureux de saisir cette occasion d'exprimer publiquement à M. Mékarski toute la considération qu'il a pour ses travaux.

M. Mékarski croit devoir tout d'abord remercier M. Mallet de la forme courtoise qu'il a donnée aux observations qu'il vient de présenter. Il désire répondre à chacune d'elles avec le soin qu'elles méritent; mais en raison de leur importance, il lui sera plus facile de le faire dans la prochaine séance, quand il aura sous les yeux tous les points de la discussion de M. Mallet.

M. Ermel désire ne pas laisser passer sans observation la comparaison qui a été faite par M. Mallet entre les grandes machines et les petites; ces dernières sont certainement moins économiques, leur rendement est inférieur, et il n'y a aucune assimilation à faire entre une locomobile de 8 chevaux, par exemple, et une machine fixe de 80.

M. Ermel a eu de fréquentes occasions de constater la consommation de machines locomobiles, il l'a toujours trouvée très-élevée par rapport à celle des machines fixes, et n'a pas encore rencontré de machines de ce genre présentant les qualités dont a parlé M. Mallet.

M. Mallet n'a pas entendu contester absolument la supériorité des grandes machines sur les petites, mais il prétend qu'à égalité de fonctionnement, cette supériorité est très-peu considérable; l'énorme différence signalée par M. Mékarski tient à ce que les machines comparées ne sont pas du même type.

La situation d'infériorité excessive des locomobiles qu'a indiquée

M. Ermel est déjà ancienne; on a, depuis quelques années, notablement perfectionné ces machines.

Les locomobiles économiques sont encore l'exception, c'est vrai, mais s'il n'en existait qu'une seule, cela prouverait déjà suffisamment la possibilité d'en faire.

M. Mallet a eu plusieurs années entre les mains une machine demi-fixe à double cylindre et condensation, de 12 chevaux, construite par M. B. Normand, qui consommait moins de 1k,30 de charbon par cheval sur l'arbre. Plusieurs constructeurs font actuellement des locomobiles à condensation, dont le fonctionnement doit être assez économique.

M. Sévérac appuie cette dernière observation, il a personnellement constaté sur une locomobile à condensation de M. Crespin une consommation de 1k,600 au plus par cheval et par heure. Mais il ne peut partager l'opinion de M. Mallet pour ce qui regarde les dépenses d'installation du système à air comprimé dont l'estimation approximative qui vient d'être faite lui paraît exagérée. Il croit que c'est aller bien loin que d'évaluer la dépense de l'installation fixe au double de la valeur du matériel roulant, tandis que la traction par machine à vapeur n'exigeant pas d'installation fixe nécessiterait seulement un matériel roulant d'une valeur peu supérieure à celle du même matériel pour l'air comprimé.

Il faut considérer que la machine à vapeur supprime en effet le moteur fixe et les pompes de compression du système Mékarski, mais non le reste, chaudière, foyer, cheminée, etc. Il faut admettre aussi qu'un grand nombre de petites chaudières sont forcément plus coûteuses et utilisent moins bien le calorique qu'une seule grande.

M. Périssé rappelle que M. Mékarski a indiqué un rendement de 1/5 de la force dépensée pour la production de l'air comprimé. Ce serait pour 1 mètre cube à 25 atmosphères 2,000,000 de kilogrammètres, sur lesquels on utiliserait 400,000 kilogrammètres. Il demande comment ont été établis ces chiffres, et spécialement celui de 400,000 kilogrammètres, s'il est déduit seulement d'expériences faites, ou si l'on a fait intervenir dans une certaine mesure la théorie pour tenir compte de la bouillotte.

M. Mékarski répond que les 400,000 kilogrammètres utilisés comprennent l'effet de la bouillotte. Il ajoute que ce chiffre qui correspond au travail produit à la jante des roues de la voiture a été déduit des expériences dont il va parler.

Pour obtenir la dépense de 2,000,000 de kilogrammètres, on a mesuré au frein le travail dépensé par la machine motrice des pompes de compression à une certaine allure de marche; et on lui a fait ensuite comprimer l'air dans les mêmes conditions de pression et de vitesse. C'est le résultat de ces essais, qui sera donné ultérieurement dans une communication spéciale, qui a fourni le chiffre indiqué, comme dépense de force pour la compression d'un mètre cube d'air à 25 atmosphères.

Pour obtenir le rendement de 400,000 kilogrammètres on a mesuré au moyen d'un dynamomètre la résistance au roulement sur une voie déterminée, et on a constaté le poids transporté et la distance parcourue sur cette voie. En tenant compte d'ailleurs des conditions de pente, on a trouvé avec ces éléments pour le travail produit par un mètre cube d'air comprimé à 25 atmosphères, le chiffre moyen de 400,000 kilogrammètres.

Or il faut rappeler que l'appareil de compression dont on se sert pour les essais est essentiellement un appareil d'expériences, conçu dans un but défini, en vue de parer à des éventualités qu'il convenait de prévoir. Il présente donc des dispositions peu avantageuses au point de vue de la production. Et, bien qu'il remplisse à merveille la fonction pour laquelle il a été établi, il ne peut certainement pas servir de base à une évaluation de prix de revient. Il donne lieu notamment à de grandes résistances passives qui pourraient être atténuées : les pompes sont à simple effet avec pistons plongeurs serrés par des presse-étoupe, dispositions qui diminuent assurément le rendement et qui ne seraient pas reproduites dans une installation définitive.

Et à ce propos, revenant à la comparaison faite par M. Mallet entre la locomotive à vapeur pour tramway et sa machine, M. Mékarski, sans vouloir entrer dans la discussion au fond qu'il réserve, croit devoir dire dès à présent que cette comparaison n'est pas exacte, parce que le prix de sa machine à air comprimé est moindre que celui d'une petite locomotive à vapeur, et que les réparations et l'entretien sont également moindres.

M. Périssé croit que le rendement s'améliorera par l'emploi de meilleures pompes, telles que les compresseurs Colladon, qui aujourd'hui donnent 70 pour 100 en volume pour une compression à 8 atmosphères.

M. Mékarski dit qu'il y a aussi beaucoup à gagner sur la production de l'air comprimé. En effet, si on empêche l'air de s'échauffer, ce qui est la condition de toute pompe rationnelle, le travail de compression pour produire un mètre cube d'air comprimé à 25 atmosphères est de 831,700 kilogrammètres[1], et en déduisant l'action de l'atmosphère, il est de 583,700 kilogrammètres, chiffre qui, comparé à celui de 2 millions de kilogrammètres que nous avons constaté, fait voir qu'il y a encore une grande marge pour les améliorations.

Sur une demande de M. Périssé M. Mékarski ajoute que la pompe de compression dont il fait usage rend en volume de 55 à 60 pour 100 pour une vitesse de 25 à 30 tours correspondant à une vitesse de piston de $0^m,35$ à $0^m,40$.

M. Périssé dit que le rendement qu'il indique pour les compresseurs

1. Ce travail, si l'on n'obviait pas à l'échauffement de l'air pendant la compression, serait d'environ 2 200 000 kilogrammètres, parce qu'alors l'élévation de température accroît beaucoup les tensions. On arriverait ainsi pour le cas considéré à une pression finale de 72 atmosphères qui retomberait à 25 atmosphères lorsque l'air comprimé se serait mis en équilibre de température avec le milieu ambiant.

Colladon est obtenu au Saint-Gothard avec des vitesses de piston bien supérieures qui atteignent environ 1m,30.

M. Somasco fait observer que les pompes dont se sert M. Mékarski, si elles fonctionnent plus lentement, compriment l'air à 30 atmosphères, tandis que les compresseurs Colladon, auxquels on les compare, ne vont qu'à 8 atmosphères.

M. Régnard remarque que tous les inventeurs qui ont proposé l'emploi de l'air comprimé à la locomotion, depuis Julienne et Andraud, ont cru nécessaire de comprimer l'air à des pressions très-élevées. Cependant on ne fait travailler ensuite cet air qu'à des pressions notablement plus basses. Il y a par ce fait une détente qui ne produit aucun travail. Sans fixer l'importance de cette perte, elle n'est pas contestable; il demandera à M. Mékarski s'il s'est préoccupé d'en déterminer la valeur, soit par l'expérience, soit par le calcul. Il croit qu'il serait rationnel de chercher à utiliser la totalité de la détente.

M. Régnard rappelle que dans la discussion à laquelle a donné lieu l'année dernière la communication de M. Ribourt, il avait indiqué déjà que le régulateur employé au Saint-Gothard a pour effet de détendre l'air dans une capacité à grande surface, agissant, dans son opinion, à la façon d'une sorte de condenseur inverse ou caléfacteur; l'air comprimé récupère au contact de l'enveloppe une partie de la chaleur qu'il a perdue dans l'action de cette première détente. La bouillotte à eau chaude de M. Mékarski vaut beaucoup mieux, et est plus efficace. Mais ne pourrait-on pas se servir aussi bien de ces inventions en utilisant la totalité de la détente?

M. Mékarski reconnaît qu'en débitant dans le cylindre moteur à une pression constante, soit 5 atmosphères, de l'air emmagasiné dans un réservoir à une pression beaucoup plus élevée, soit 25 atmosphères, on perd une partie du travail correspondant au chargement du réservoir. Cette perte serait théoriquement de 38,6 pour 100. Il paraît d'ailleurs difficile d'obtenir en pratique, par un autre procédé, un travail régulier d'une force essentiellement décroissante. A supposer qu'on puisse dès le début utiliser la totalité de la détente en réglant l'admission d'après le degré de pression, de façon à échapper toujours à la pression atmosphérique, le poids d'air dépensé par cylindrée serait ainsi constant. Or il est facile de voir que le travail de ce poids d'air constant, débité à une pression de plus en plus faible, irait en diminuant.

Pour combattre cet effet il faudrait augmenter ce poids d'air, c'est-à-dire introduire davantage et détendre de moins en moins au fur et à mesure que la pression baisserait, ce qui conduirait avec un appareil moins simple à une utilisation qui ne serait pas meilleure.

M. Mékarski donne à ce sujet quelques chiffres : en supposant que l'air restant dans les réservoirs au retour ait encore une tension de 5 atmosphères, le travail nécessaire pour obtenir un mètre cube d'air à 25 atmosphères, si

la température ne varie pas, est 544,573 kilogrammètres. Le travail fourni par la même masse d'air s'écoulant à la pression de 5 atmosphères et se détendant complétement dans le cylindre moteur est de 332,510 kilogrammètres. On n'utiliserait donc, en théorie, que 61,4 pour cent du travail emmagasiné à 25 atmosphères, la perte étant dans ces conditions de 38,6 pour cent, ainsi qu'il l'a énoncé.

Mais cette perte, si elle existe entière, ce sur quoi il y a lieu de faire quelques réserves, est plus que compensée par le réchauffement et l'addition de vapeur qui constitue environ 1/5 du mélange.

En effet, l'air sort de la bouillotte à la température de 120° en moyenne. Sa dilatation à cette température correspond à une augmentation de volume de 1,40; il faut encore multiplier par 1,25 pour tenir compte de la proportion de vapeur dans le mélange. On arrive ainsi, au lieu de 332,510 kilogrammètres, à disposer de 581,893 kilogrammètres, c'est-à-dire plus que le travail théorique de la détente complète.

Cette différence de 38 pour cent ne représente d'ailleurs pas, comme on l'a dit quelquefois, la totalité de la détente de l'air de 25 atmosphères à 5, qui entre dans le chiffre de 544,573 kilogrammètres pour 374,348 kilogrammètres ou 69 pour cent[1]. L'air produit, en effet, en s'écoulant dans le cylindre à la pression de 5 atmosphères avant de s'y détendre, un premier travail à pleine pression, qui est ici de 165,255 kilogrammètres et qui est dû uniquement à la détente de 25 atmosphères à 5.

M. Mékarski, pour compléter ces explications, trace au tableau l'épure du travail de compression et de détente, et il établit ainsi qu'il suit les formules au moyen desquelles on peut le calculer, en supposant la loi de Mariotte applicable.

Soient :

V la capacité du réservoir d'air comprimé;

P_0 la pression initiale au moment du rechargement;

P la pression finale;

p la pression atmosphérique.

Pour porter la pression dans le réservoir de P_0 à P, il faut y refouler une masse d'air $V(P - P_0)$.

Le produit du volume d'une masse d'air par sa pression, à égalité de température, étant une valeur constante, il est commode de désigner la masse par ce produit.

Pour introduire la masse $V(P - P_0)$ dans le réservoir, il faut d'abord la comprimer de p à P_0, ce qui nécessite un travail

$$T_r' = V(P - P_0) L \frac{P_0}{p}.$$

1. Déduction faite dans les deux cas du travail résistant de la pression atmosphérique.

Il faut ensuite comprimer de P_0 à P la masse totale $V(P-P_0)+VP_0=VP$. Ce second travail a pour expression :

$$T_r''=VP\,L\frac{P}{P_0}.$$

Le volume engendré par le piston compresseur étant celui de la masse $V(P-P_0)$ à la pression atmosphérique, soit $V\frac{P-P_0}{p}$, pour tenir compte de l'action de l'atmosphère sur ce piston, il faut déduire :

$$V\frac{P-P_0}{p}\times p=V(P-P_0).$$

Le travail total de compression est donc :

$$T_r=VP\,L\frac{P}{P_0}+V(P-P_0)\,L\frac{P_0}{p}-V(P-P_0), \qquad (1)$$

ce qui peut encore s'écrire :

$$T_r=V(P-P_0)\left(L\frac{P}{p}-1\right)+VP_0\,L\frac{P}{P_0}. \qquad (2)$$

Si l'on calcule maintenant le travail fourni par la même masse $V(P-P_0)$ débitée à la pression constante P_0 et détendue dans le cylindre moteur de P_0 à p, on voit qu'il suffit dans l'expression (1) de remplacer $VP\log.\frac{P}{P_0}$, par $V(P-P_0)$.

Il vient ainsi :

$$T_m=V(P-P_0)\,L\frac{P_0}{p}. \qquad (3)$$

La perte est :

$$T_r-T_m=VP\,L\frac{P}{P_0}-V(P-P_0),$$

et le rapport de cette perte au travail de compression,

$$\frac{T_r-T_m}{T_r}=\frac{P\left(L\frac{P}{P_0}-1\right)+P_0}{(P-P_0)\left(L\frac{P}{p}-1\right)+P_0\,L\frac{P}{P_0}}. \qquad (4)$$

Posant :

$P_0=5$ atmosphères, $P=25$ atmosphères et $p=1$ atmosphère,

on a bien :

$$\frac{T_r-T_m}{T_r}=\frac{25\,(L.5-1)+5}{20\,(L\,25-1)+5\,L\,5}=\frac{20.236}{52.425}=0.386$$

M. Mékarski rappelle que, dans son système, cette perte est complétement rachetée par le réchauffement : il fait en outre observer que l'air n'est pas débité à la pression constante de 5 atmosphères, mais à une pression assez variable, qui, sur la rampe de l'avenue de la Grande-Armée, atteint 8 atmosphères. La quantité d'air comprimé fournie de cette façon aux cylindres par un réservoir de un mètre cube chargé initialement à 25 atmosphères n'est pas de 4 mètres cubes à 5 atmosphères, mais de 2 ou 3 seulement, plus un certain volume à une pression plus élevée, et dont l'utilisation est meilleure.

M. Badois insiste sur ce que la perte due à l'emploi du détendeur ou régulateur de pression n'est pas aussi considérable qu'on est porté à le croire au premier abord. Il croit pouvoir ajouter aux considérations que vient de développer M. Mékarski quelques observations qui viennent appuyer et en même temps expliquer ce fait.

Lorsqu'une certaine masse d'air comprimé *s'épanche* dans une capacité fermée en diminuant de pression, il ne se produit pas d'abaissement de température comme si cet air comprimé *se détendait* dans un cylindre de machine, en agissant sur un piston mobile et en produisant un travail mécanique.

Cela résulte d'une expérience de Gay-Lussac, qui consiste à mettre en communication deux ballons d'égale capacité, dont l'un est vide et l'autre est rempli d'air. Lorsque l'écoulement a lieu, la pression de l'air dans le second ballon diminue de moitié, et cependant on ne constate aucun changement de température.

M. Joule a fait cette expérience, en comprimant à 22 atmosphères l'air de l'un des vases, tandis que l'autre restait vide, et il a constaté, en entourant les deux vases d'eau convenablement agitée, qu'il n'y avait aucune élévation de température, quand on permettait au gaz de s'élancer d'un vase dans l'autre.

Le physicien anglais Tyndall, qui relate ces expériences dans ses leçons à l'Institution royale de Londres sur la *chaleur considérée comme un mode de mouvement*, explique ce fait en disant que les particules d'air entrées dans le vase vide avaient une certaine vitesse en sortant du vase plein, vitesse engendrée aux dépens de la chaleur perdue, par l'air restant dans le vase plein. Mais cette vitesse a été presque aussitôt éteinte par le choc contre les parois du premier vase, avec restitution et réapparition de la chaleur perdue. En définitive il n'y a pas eu de travail effectif accompli, et il n'y a pas eu non plus de chaleur perdue. Et il ajoute : « Cette expérience « nous apprend que la simple raréfaction est insuffisante par elle-même à « déterminer l'abaissement de la température moyenne d'une masse d'air. « C'était et c'est encore une doctrine reçue que la simple *expansion* d'un « gaz détermine un refroidissement.... Mais là où aucun travail n'est ac- « compli, il n'y a pas de refroidissement produit. »

Notre collègue, M. Stapfer, dans la note dont il a été question sur les

moteurs à air et les locomotives sans feu, présentée à la Société scientifique industrielle de Marseille, va plus loin. Voici dans quels termes il formule son opinion :

« La détente sans travail qui se produit en abaissant la pression par « l'écoulement du fluide à travers un petit orifice n'entraîne aucune « perte; et, comme l'a démontré M. d'Hauthuille, elle produit au contraire « une élévation de température qui est très-favorable au travail dans le « cylindre. »

Quelques lignes plus bas, il cite comme exemple du bon résultat obtenu par la chute de pression la torpille Whitehead, dans laquelle de l'air comprimé à 30 atmosphères et même à 60 atmosphères dans certaines expériences s'écoule sous une pression constante de 4 à 5 atmosphères, et fait mouvoir une petite machine à hélice portée par la torpille, et il ajoute :

« Si la chute de 60 atmosphères à 4 ou 5 atmosphères avait produit du « froid, comme dans le cas de la détente pendant le travail, il est parfai- « tement évident que les organes de la petite machine à hélice se seraient « promptement arrêtés, par suite de la congélation des graisses. »

M. Armengaud jeune fils ne croit pas exact de dire qu'il n'y a pas eu perte de travail dans les exemples cités par M. Badois. Il y a eu un travail moléculaire. Le refroidissement est le même que dans la détente avec travail extérieur, mais il n'est pas saisissable, parce qu'il est dû uniquement à une perte de force vive, résultant du choc des molécules d'air contre les parois de l'enveloppe. Or, quand l'air comprimé vient agir dans un cylindre moteur, il y a écoulement avec une assez grande vitesse et par le fait même perte de travail pour produire cet écoulement.

M. Badois, pour bien exprimer sa pensée, suppose un cylindre moteur muni d'un piston qui, par une force quelconque, serait maintenu fixe momentanément. Si l'on fait arriver dans ce cylindre de l'air comprimé à une pression moindre que celle qui vaincrait la résistance qui s'oppose au mouvement du piston, il n'y aura pas refroidissement parce qu'il y a seulement un phénomène *d'expansion*, mais lorsque la pression de l'air sera devenue suffisante pour vaincre cette résistance et pour faire mouvoir le piston, alors, mais alors seulement, commencera le phénomène de *détente* qui sera accompagné du refroidissement de l'air, parce qu'il y aura travail effectif.

C'est sur la différence entre ces deux phénomènes d'expansion simple et de détente avec travail, que M. Badois a voulu attirer l'attention de la Société dans la présente discussion.

Dans la chute de pression causée par le régulateur, on n'utilise pas tout le travail dépensé pour emmagasiner la force, mais on ne perd pas de chaleur, comme on en perdrait par la détente de l'air avec travail, et cette chaleur *conservée* est utilisée au moment de l'action sur le piston moteur, comme l'a très-bien démontré M. Mékarski.

M. Ermel appuie l'observation de M. Badois, et montre que la courbe de

détente dessinés au tableau par M. Mékarski indique bien le fait par la différence de courbure qu'elle présente, dans la partie correspondante à l'expansion et dans celle correspondante à la détente.

En somme, lorsque l'expansion s'effectue par le régulateur, de 25 à 5 atmosphères, sans produire de travail effectif, on doit disposer d'un plus grand volume d'air à 5 atmosphères, que si ce passage de 25 à 5 atmosphères s'était opéré par détente, avec abandon de chaleur.

M. Mallet est d'avis que si la réduction de pression par le détendeur constitue théoriquement une perte plus ou moins considérable, mais cependant incontestable, cette perte ne se fait nullement sentir en pratique.

Il ne conçoit pas trop, en effet, comment on pourrait utiliser à peu près totalement les expansions correspondantes à des pressions initiales de 15 à 25 atmosphères; sans parler des pressions exagérées sur les organes, des efforts initiaux excessifs sur les pistons et le mécanisme, et des refroidissements impossibles à combattre, on peut signaler les difficultés résultant de la nécessité d'employer des distributeurs spéciaux à grande détente; ces appareils, qui n'ont jusqu'ici pu réussir dans les grandes locomotives, présentent peu de chance de succès dans les petites.

Mais ce n'est pas tout; il est bien reconnu aujourd'hui que dans les machines à vapeur on ne peut, malgré toutes les précautions, réaliser qu'un certain degré d'expansion dans chaque cylindre, et que, si on dépasse la limite, la dépense de vapeur pour l'unité de puissance augmente, si bien qu'avec une machine détendant trop, on arrive à dépenser autant et plus de vapeur qu'avec une machine détendant beaucoup moins; cette limite correspondant au maximum d'effet utile paraît, pour les meilleures machines Compound actuelles, ne pas dépasser douze fois le volume primitif.

Il faudrait donc, pour l'air comprimé, recourir également à l'expansion en cylindres successifs; mais les limites de la détente utile n'en seront pas moins bien plus restreintes qu'avec la vapeur, et il est certain qu'en employant le fluide moteur détendu aux environs de 5 atmosphères avec une expansion modérée, on aurait des conditions pratiques de fonctionnement bien meilleures qu'avec des pressions exagérées, et des détentes inefficaces, et que, somme toute, l'emploi du détendeur est parfaitement logique.

M. Badois, revenant aux conditions de l'emploi pratique du système Mékarski à la traction sur les tramways, dit que dans ce système un seul homme suffit à la manœuvre, parce qu'il n'a guère à se préoccuper d'autre chose que de surveiller la voie et de tourner un robinet pour régler le débit de l'air comprimé suivant les besoins, tandis que le conducteur d'une locomotive à vapeur aurait en outre à soigner son feu et sa chaudière. Or, cela ne laisse pas que d'exiger beaucoup d'attention, parce que le foyer est petit, que la chaudière a des dimensions restreintes, et ne renferme qu'un faible

volume d'eau, tout en ayant une grande surface de chauffe, afin que la vaporisation soit rapide.

On est conduit ainsi, pour un bon fonctionnement, à employer un homme de plus, ce qui est une cause de grande augmentation de dépense dans l'exploitation.

M. Bégnard revendique pour la machine à eau chaude le même avantage de n'exiger qu'un seul homme pour sa manœuvre.

M. le Président fait remarquer que le système de M. Mékarski présente des nouveautés très-intéressantes, ainsi que le témoigne la discussion actuelle ; mais il se demande si un moteur à vapeur consommant peu, et où un morceau de charbon renouvellerait à chaque instant le travail dépensé, ne serait pas une solution plus simple et plus économique que l'emploi d'une provision limitée d'air comprimé, comportant une perte importante de travail, tant dans sa production que dans sa détente.

C'est la solution de cette question qui doit décider de la préférence à donner à tel ou tel système. Nul doute que celui de M. Mékarski ne soit susceptible de beaucoup d'applications, notamment pour la traction dans les longs tunnels, les mines, les chemins de fer souterrains des villes ; mais la machine à vapeur, avec ses admirables qualités, lui paraît pouvoir tenir également bien son rang sur les tramways au point de vue de l'économie.

M. Goschler pense qu'après la discussion, dont la question vient d'être l'objet au point de vue théorique, il serait intéressant de la traiter au point de vue pratique, et il désirerait voir produire quelques chiffres, touchant l'économie que l'on peut attendre du remplacement des chevaux par un moteur mécanique, soit celui de M. Mékarski, soit la locomotive à vapeur, soit le moteur à eau surchauffée.

Un autre point intéresse spécialement la population, c'est le degré de sécurité relative qu'offre l'emploi de l'un ou de l'autre système. A cet égard, beaucoup de personnes voient des inconvénients à l'emploi de la machine à vapeur, qui leur paraît devoir effrayer les chevaux par le bruit que fait l'échappement, et par le panache de fumée et de vapeur qu'elle lance. Il y a lieu d'examiner cette question en même temps que la différence entre le coût de la traction mécanique et celui de la traction par chevaux.

M. Mékarski n'est pas préparé à faire avec tous les détails qu'elle comporterait la comparaison que demande M. Goschler. Il va néanmoins donner sur ce sujet quelques renseignements généraux. Se basant sur les données qu'il a pu recueillir et sur les évaluations qu'il a dû faire, il estime que l'économie résultant de l'emploi des machines porterait uniquement sur les frais de nourriture des chevaux ; toutes les autres catégories de dépenses, personnel, entretien et amortissement du matériel et de la cavalerie, étant à peu près exactement compensées.

Il faut ainsi mettre en regard la dépense de fourrages d'un côté et la dépense de combustible de l'autre. On peut évaluer la première à 3 fr. par jour et par cheval.

Les chevaux d'omnibus font en moyenne 16 à 18 kilomètres par jour; ceux qui sont attelés aux voitures des Tramways-Nord en font à peu près 22; mais il faut calculer sur 20 kilomètres seulement, pour tenir compte des animaux au repos ou en réserve. La dépense de nourriture par kilomètre parcouru ressort donc à environ . . . . 0 fr. 30

Pour évaluer la dépense de charbon correspondante avec les machines à air comprimé, on peut prendre pour base le parcours effectué par la voiture automobile, actuellement en expérience, qui est en palier de 5 kilomètres par mètre cube à 25 atmosphères.

Dans les conditions actuelles, le chargement absorbe 2,000,000 de kilogrammètres, soit la force de 7 1/2 chevaux-vapeur pendant une heure. Supposons que cette force soit fournie par une machine ne brûlant que 1k,50 par cheval et par heure : la dépense de combustible par kilomètre sera de

$$\frac{7.5 \times 1.50}{5} = 2^{k},25$$

soit à raison de 35 fr. la tonne . . . . 0 fr. 08

L'économie serait ainsi de . . . . 0 fr. 22

Mais il faut retrancher de ce bénéfice l'augmentation correspondante au service des intérêts d'un capital engagé, un peu plus considérable que dans le mode ordinaire, et il est prudent de ne compter que sur une économie de . . . . 0 fr. 15
qui représente encore 50 p. 100 de la dépense de nourriture des chevaux.

Comme ce chef de dépenses entre lui-même pour un peu moins de moitié dans l'ensemble des frais de traction, on peut évaluer de 20 à 25 p. 100 l'économie réalisée sur la traction par chevaux par la traction à l'air comprimé.

Pour faire la même comparaison avec les machines à vapeur, on peut adopter le chiffre indiqué par les intéressés, pour la dépense de combustible de la petite locomotive, essayée sur la ligne de Saint-Germain des Prés à Châtillon, soit 10 fr. par jour, en supposant un parcours journalier de 100 kilomètres, soit par kilomètre 0 fr. 10.

Il résulte, toutefois, de renseignements certains que dans le service fait récemment par cette machine à Lille pendant une quinzaine de jours, la quantité de coke brûlée par kilomètre parcouru était d'environ 3 à 4 kil. qui à Paris coûteraient de . . . . 0 fr. 15 à 0 fr. 20

On peut admettre que ce chiffre soit également susceptible d'une certaine réduction, mais il paraît difficile qu'il puisse être moindre de. . . 0 fr. 10
et comme, ainsi que l'a fait observer M. Badois, une machine de ce genre ne pourra pas être conduite par un seul mécanicien, il est vraisemblable que l'on arrivera dans tous les cas à la dépense kilométrique de. . . 0 fr. 15

Quant aux frais de premier établissement, ils paraissent *à priori* devoir

être un peu plus faibles qu'avec l'air comprimé, mais ils seront assurément plus considérables qu'avec les chevaux. Il y aura donc encore, de ce chef, une certaine augmentation, par suite des intérêts un peu plus considérables du capital engagé.

Il convient à ce propos d'observer que, dans le système à vapeur, il faudra joindre au dépôt des machines une remise de voitures, tandis qu'avec l'air comprimé, si l'on se sert de voitures automobiles, une seule construction suffira.

M. Mékarski, répondant à une question de M. Piarron de Mondésir, dit que sa machine pèse à vide 4,800 kilogrammes, et avec 30 voyageurs environ 7,000 kilogrammes.

On peut au moyen de cette donnée vérifier le rendement indiqué de 400,000 kilogrammètres en adoptant, pour la résistance au roulement de la voie de Neuilly, le chiffre moyen de 12 kilogrammes par tonne, et ceux qui connaissent cette voie ne le trouveront certainement pas exagéré, si surtout on tient compte du faible rayon des courbes et de la rampe de 0,020 que l'on rencontre à l'avenue de la Grande-Armée sur une longueur de 900 mètres.

Il ne s'agit d'ailleurs ici que d'une vérification approximative, le résultat indiqué ayant été déterminé d'une façon rigoureuse sur une autre voie dont la résistance avait été mesurée au dynamomètre.

M. Mékarski croit utile d'ajouter, à ce qu'il a déjà dit au sujet du faible rendement de l'appareil de compression dont il se sert, quelques mots sur un inconvénient particulier du piston d'eau.

Ce procédé dont l'emploi semblait promettre la suppression complète des espaces nuisibles a, au contraire, pour effet d'en créer d'assez importants lorsqu'on atteint une pression élevée; il se dissout alors dans le liquide une certaine quantité d'air qui se dégage au moment de l'aspiration, et diminue le volume introduit. Cette circonstance a dans l'appareil cité assez d'influence pour faire monter la pression jusqu'à 7 atmosphères 1/2 dans le premier corps de pompe, alors qu'en raison du rapport établi entre les dimensions des pistons, cette pression ne devrait pas dépasser 5 atmosphères.

M. le Président remercie M. Mékarski des explications qu'il a données avec autant de clarté que de modestie et qui ont vivement intéressé la Société.

Il ne clôt pas la discussion, mais à cause de l'heure avancée il doit en remettre la suite à une prochaine réunion.

La séance est levée à onze heures un quart.

Séance du 17 Mars 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Allaire, dans laquelle il explique que son affirmation sur la présence des acides gras libres dans *les huiles du commerce* n'est pas détruite par les observations de M. Asselin, consignées dans le procès-verbal de la séance du 3 mars dernier.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Bouhey vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur; M. Piquet, chevalier de l'ordre du Christ du Portugal; et M. Bidou, chevalier de la Couronne de chêne de Hollande.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante qui lui a été adressée par la Société des Ingénieurs civils américains.

« Monsieur le Président,

« La Société américaine des Ingénieurs civils vient d'obtenir un emplacement au second étage du Palais de l'Industrie, où doit se tenir l'Exposition universelle à Philadelphie, du 10 mai au 10 novembre 1876.

« La Société doit y établir un bureau, et sera représentée par un secrétaire, qui se fera un devoir de fournir aux ingénieurs étrangers les renseignements dont ils peuvent avoir besoin.

« Un arrangement fait avec la Société américaine des Ingénieurs des mines permettra aussi de se servir des bureaux que cette Société s'est procuré au centre de la ville de Philadelphie, pour recevoir les visiteurs le soir, quand l'Exposition doit être fermée.

« Veuillez faire savoir aux Membres de votre Société qui se proposent de faire un voyage aux États-Unis, pendant l'Exposition, l'arrangement pris par la Société américaine, et les inviter en son nom à se servir de ses bureaux, tant à Philadelphie qu'à New-York, pendant leur séjour dans ce pays.

« Ils peuvent se faire adresser les lettres en charge de la Société, à New-York ou à Philadelphie.

« Recevez, Monsieur le Président, etc. »

M. LE PRÉSIDENT remercie, au nom de la Société, M. le Président de la Société américaine, et engage les Membres qui se rendront à l'exposition de Philadelphie, à accepter l'invitation si cordiale qui leur est faite.

M. Gautier donne communication de sa note sur l'emploi comparatif des poutres en fer ou en acier.

Nous avons fait connaître, dans une précédente communication, que pour substituer la tôle d'acier doux à la tôle en fer, dans ses emplois les plus délicats, on pouvait *réduire les épaisseurs d'un quart*. Telle est, du moins, l'opinion des ingénieurs de la marine. Pour arriver à ce résultat, il faut supposer que l'acier doux pour tôles commence à se déformer vers $22^k,500$ par millimètre carré, tandis que les tôles en fer atteindraient leur limite d'élasticité sous une charge de $16^k,500$.

Je pense qu'il serait plus conforme à l'expérience de supposer la déformation du fer aux environs de 15 kilogrammes, tout en maintenant $22^k,500$ pour l'acier doux, le fer que l'on emploie dans l'industrie privée étant certainement d'une qualité un peu inférieure à celui des fournitures de la marine. Une tôle en fer d'épaisseur e pourra donc être remplacée par une tôle en métal fondu d'épaisseur e' donnée par la relation

$$22,5\,e' = 15\,e,$$

d'où

$$e' = \frac{2}{3}\,e.$$

On pourrait donc *réduire les épaisseurs d'un tiers*.

Cette manière de faire, sans être hardie, serait plus conforme au sentiment d'économie que l'on doit rencontrer dans les constructions civiles.

L'expérience a montré également que, lorsqu'on lamine sous forme de fers à double T du métal doux pour tôles, il se produisait une élévation de la limite d'élasticité et de la charge de rupture, avec une certaine diminution dans l'allongement. Ce fait a été constaté par les ingénieurs de la marine, et il faut compter 25 kilogrammes pour la limite d'élasticité avec 50 kilogrammes de charge de rupture. Si on désigne respectivement par R et R′ les charges amenant une déformation permanente dans le fer et dans l'acier, on aura

$$\frac{R'}{R} = \frac{25}{15} = \frac{5}{3}$$

pour le rapport des résistances de ces deux métaux.

Charges supportées par une même poutre en fer ou en acier doux. Considérons le moment fléchissant M d'une poutre en double T, dont le moment d'inertie est I, et l'ordonnée d'une fibre v,

$$M = \frac{RI}{v}.$$

Si nous substituons à R la valeur correspondante de l'acier doux

$$R' = \frac{5}{3}\,R,$$

nous voyons que le moment fléchissant pourra être augmenté dans le rap-

port de 5 à 3. C'est-à-dire que l'*on pourra augmenter des $\frac{2}{3}$, soit la charge, soit la portée, quand la charge est posée au milieu des deux appuis. Si la charge est uniformément répartie et égale à* p, *on pourra augmenter des $\frac{2}{3}$ le produit* $\frac{pl^2}{8}$, l *étant la portée.*

Pour que ce résultat puisse avoir une valeur pratique, il faut que le prix du même profil en fer ou en acier soit dans le même rapport que l'augmentation de résistance. Si nous admettons 200 francs pour la tonne de fer, il faudra que le double T en acier, ne soit pas à un prix supérieur à 335 fr. Or, le prix de l'acier doux profilé en fers à ⌶ ne dépasse pas actuellement 300 francs. Il y a donc là un avantage qu'il ne faut pas négliger, au point de vue de la dépense.

Influence de la substitution de l'acier au fer sur la hauteur des poutres. Il y a beaucoup de cas où la hauteur des poutres est une gêne dans la construction, et cependant, à cause de l'influence du moment d'inertie, il est nécessaire d'économiser la matière en l'éloignant de l'axe neutre.

Une poutre en double ⌶ symétrique peut être considérée comme ayant une section comprise entre deux rectangles, dont les côtés sont parallèles et dont les centres de gravité coïncident. Cette section est donc déterminée par les bases B et B_1 et les hauteurs H et H_1 des deux rectangles, ce qui fait quatre quantités. L'équivalence de résistance ne donnant qu'une équation, on comprend que le problème de la substitution d'un profil en acier doux à un profil également résistant en fer, soit indéterminé. On pourra donc se donner trois conditions pour sortir de cette indétermination.

Supposons les deux profils *géométriquement semblables.*

L'égalité des moments fléchissants nous donnera :

$$\frac{RI}{v} = \frac{R'I'}{v'},$$

avec

$$\frac{R'}{R} = \frac{5}{3},$$

or

$$I = \frac{1}{12}\left\{BH^3 - B_1H_1^3\right\} \text{ pour le fer,}$$

$$I' = \frac{1}{12}\left\{b\,h^3 - b_1\,h_1^3\right\} \text{ pour l'acier doux,}$$

et prenant $\frac{H}{2}$ pour la fibre la plus fatiguée,

$$\frac{bh^3 - b_1h_1^3}{h} = \frac{3}{5}\,\frac{BH^3 - B_1H_1^3}{H}$$

Puisque les deux sections sont semblables, appelons k le rapport de similitude.

$$b = kB \qquad h = kH, \text{ etc.},$$

il vient par conséquent :

$$k^3 = \frac{3}{5},$$

ou

$$k = 0{,}84.$$

Toutes les dimensions, y compris la hauteur, sont donc réduites dans le rapport de 1 à 0,84.

Les surfaces des sections

$$BH - B_1H_1 \qquad \text{et} \qquad bh - b_1h_1$$

sont entre elles comme 1 est à k^2, ou comme 1 est à 0,70.

Il y a donc un abaissement de hauteur de 16 pour 100, et une réduction de poids de 30 pour 100. Si le prix de l'acier est supérieur à celui du fer de plus de 30 pour 100, il faudra nécessairement acheter, par une légère plus-value, l'avantage d'une poutre également résistante, mais de hauteur moindre. Le fer étant à 220 francs, pour qu'il y ait égalité de dépense, il faudrait que l'acier doux fût à 310 francs.

Avant de conclure, il faut étudier ce que devient le *glissement longitudinal*, par suite de la réduction de l'épaisseur de l'âme.

L'expression de la plus grande valeur du glissement longitudinal dans une section est :

$$S = \frac{T}{I\,(B - B_1)} \int_{v=0}^{v=\frac{H}{2}} v\,d\omega,$$

T représentant la valeur de l'effort tranchant dans cette section, I son moment d'inertie, $B - B_1$ l'épaisseur de l'âme, et $\int v\,d\omega$ le moment d'une moitié de la section par rapport à l'axe neutre.

Introduisons la condition de similitude et nous trouvons :

$$s = \frac{S}{k^2},$$

S et s ayant respectivement rapport au fer et à l'acier,

d'où

$$s = 1{,}4\,S.$$

L'augmentation du glissement longitudinal est donc de 40 pour 100 ; ce qui n'a rien d'inadmissible, quand on considère que la matière est homogène, et n'est pas sujette aux déchirements comme le fer.

On aurait pu traiter la question d'une manière plus générale, mais il suffit d'avoir indiqué ces traits principaux.

A un autre point de vue, le laminage de l'acier doux étant beaucoup plus facile à réussir que celui du fer dans les profils compliqués, il sera possible de modifier, dans une certaine mesure, les sections, et de les mieux adapter aux besoins de la construction, sans grever pour cela leur prix. La rigidité et l'homogénéité permettront notamment d'élargir les ailes et d'augmenter la hauteur pour l'emploi le plus rationnel de la matière.

M. le Président remercie M. Gautier de sa communication.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur la communication de M. Mékarski sur l'emploi de l'air comprimé pour la locomotion.

M. Hamers fait la comparaison des moteurs à air comprimé, des moteurs à vapeur et des moteurs à eau chaude, destinés à être employés sur les voies de tramways.

Le système de M. Mékarski ne peut échapper aux nécessités suivantes :

Tandis que la locomotive à feu ne dépense de la chaleur qu'une fois, il en dépense deux fois;

Il comporte une perte spéciale afférente au fonctionnement des compresseurs, soit 40 pour 100 du travail dépensé;

Enfin, il subit en outre une autre perte inévitable, correspondant à la différence qui existe entre la pression des réservoirs d'air comprimé et celle sous laquelle l'air est mis en œuvre.

La seconde dépense de chaleur est le chauffage de l'eau des bouillottes, employée à donner à l'air comprimé la chaleur dont il a besoin pour se dilater convenablement; — chaleur qu'il ne pourrait emprunter aux objets qui l'entourent, ni à l'atmosphère ambiante, sinon dans des proportions très-restreintes, et dans des conditions de fonctionnement très-mauvaises. — Mais cette seconde dépense de chaleur n'est et n'a besoin d'être que très-inférieure à la première (effectuée pour produire de la vapeur et pour faire fonctionner la machine à compression).

La perte de travail correspondant à la susdite perte de pression, de l'air approvisionné, est compensée plus ou moins par le travail de la vapeur qui se trouve mêlée à cet air comprimé, après le passage de celui-ci à travers la bouillotte et pendant sa mise en œuvre.

Quant au surcroît de dépense de chaleur et de travail qui reste en somme nécessaire, comparativement avec ce que nécessitent de simples machines à vapeur, il est plus ou moins bien compensé par de grandes différences de fonctionnement des appareils à mettre en parallèle :

Dans une exploitation normale, les foyers et les chaudières de M. Mékarski seront fixes et de grandes dimensions (ainsi que la majeure partie de son mécanisme); sa production pourra se faire, en conséquence, dans les conditions les plus économiques;

Tandis que de telles conditions sont nécessairement loin d'être possibles dans une machine locomotive, quelque perfectionnée qu'elle soit.

La dépense de chaleur employée à réchauffer l'air comprimé est une dépense éminemment productive. Mais, à parler rigoureusement, elle ne constitue pas un progrès *dans le sens ordinaire du mot;* car ce réchauffement est tout simplement la condition logique et essentielle d'un bon emploi de l'air comprimé.

C'est pour avoir méconnu cette vérité que quelques industriels se sont mépris sur les qualités et sur l'avenir de ce nouveau moteur.

Le point capital, c'était de faire la découverte ou le choix d'un moyen convenable pour effectuer le réchauffement. M. Mékarski paraît avoir pris le meilleur.

M. Hamers ne veut pas revenir sur la comparaison qui a déjà été faite, à divers points de vue autres que la dépense de combustible, entre les machines Mékarski et les locomotives à feu. Il croit devoir seulement appeler l'attention sur la remarque suivante :

La locomotive à feu, tout en étant chauffée au coke, tout en ne donnant ainsi que très-peu de fumée, ne laisse pas que d'être sensiblement gênante et nuisible dans les rues d'une ville, telle que Paris, par les gaz délétères qui résultent de la combustion (gaz que le vent rabat souvent à hauteur d'homme), et par la poussière de coke et de cendres qu'elle projette autour d'elle dans l'atmosphère. Ces inconvénients de la locomotive à feu paraissent à eux seuls contre-balancer fortement l'avantage résultant des économies à réaliser sur les frais de traction (comparativement avec la traction par chevaux).

Pour peu que l'on trouve, en outre, de l'importance aux autres motifs qui militent contre les locomotives à feu dans l'intérieur des villes, on sera facilement conduit à ne pas les admettre dans les rues de Paris, ni même dans les rues d'autres villes moins peuplées.

Si cette manière de voir est trouvée juste, il restera à choisir entre les machines sans feu concurrentes : machines à air comprimé et machines à eau chaude.

Après une comparaison sommaire des machines Mékarski et des machines à eau chaude, M. Hamers fait remarquer que la locomotive Mékarski est elle-même, en définitive, une espèce de machine à eau chaude, mais avec la double particularité suivante : elle est en même temps une machine à air comprimé; de plus, la variabilité, si désirable dans l'effort exercé sur les pistons, y est obtenue à l'aide de modifications du volume d'une *chambre de ressort* qui surmonte la bouillotte, modifications que l'on effectue à volonté, en raison de la résistance à vaincre.

Pour un effort normal, pression et détente normales.

Quand la résistance à vaincre s'élève, l'augmentation que l'on fait subir

à la pression sur le piston produit l'effet d'un *cheval de renfort*, mais avec les remarquables différences suivantes :

Le mécanicien a sans cesse à sa disposition ce cheval de renfort;

Il lui demande — et il obtient de lui, instantanément — tout juste la force qui convient le mieux;

Et ce cheval de renfort ne coûte plus rien dès l'instant où il cesse d'être employé.

Maintenant il est permis de se demander si M. Mékarski emploie bien dès à présent les meilleures proportions d'air comprimé et d'eau surchauffée, ou le meilleur degré de réchauffement.

Mais à ce sujet nous pouvons remarquer que, si M. Mékarski n'a pas encore établi et adopté les proportions les plus avantageuses, rien ne l'empêchera de le faire; de réunir ainsi le mieux possible les avantages différents de l'eau chaude et de l'air comprimé, en évitant plus ou moins parfaitement, par leur union bien assortie, les inconvénients et les impossibilités qu'ils présenteraient séparément.

M. Sévérac désirerait que M. Mékarski fît connaître le plus exactement possible les frais qu'entraînera l'emploi de l'air comprimé et fît ressortir les avantages que présentera son système, au point de vue économique, sur la traction par chevaux.

Il croit que ces données pratiques sont indispensables pour pouvoir juger du progrès réalisé par le moteur à air comprimé de M. Mékarski.

M. le Président fait remarquer que cette question a déjà été traitée et il engage M. Mékarski à répondre aux observations faites par M. Mallet dans la dernière séance.

M. Mékarski, répondant à M. Sévérac, rappelle qu'il a donné précédemment des indications générales sur les prix de traction par l'air comprimé et par chevaux, et qu'il ne peut avancer des chiffres rigoureusement exacts que lorsque les expériences en cours seront terminées.

Quant aux observations faites par M. Mallet, M. Mékarski demande à ne pas y répondre en ce moment; ces observations méritent une sérieuse attention, et il se propose d'y répondre en détail dans une prochaine séance.

M. Rey donne ensuite communication de sa note sur les ressorts de suspension des véhicules de chemin de fer.

Il démontre au moyen d'épures que dans les ressorts dont les extrémités sont réunies au châssis au moyen de menottes inclinées, ce dernier se déplace verticalement, sous l'action d'une surcharge, d'une quantité plus grande que celle dont se sont déplacées (verticalement aussi) les extrémités des ressorts, quand l'angle que font les menottes avec l'horizon est faible. On obtient le résultat inverse quand l'angle des menottes avec l'horizon est grand, mais dans ce cas l'inclinaison des menottes a changé de sens par rapport à la verticale en passant de l'une à l'autre des deux positions considérées des ressorts.

Or, comme dans la pratique l'inclinaison des menottes est telle que jamais elle ne peut changer de sens par rapport à la verticale, il en résulte que pour les véhicules de chemin de fer, le châssis descend toujours, sous l'action de la charge qu'on lui applique, d'une quantité supérieure à celle dont s'abaissent les extrémités des ressorts.

La conséquence de ce fait, c'est que les menottes ont pour résultat de diminuer la flexibilité à donner aux ressorts de suspension; en effet, cette dernière est déterminée par la différence de hauteur de tamponnement qu'on peut tolérer entre un véhicule vide et le même véhicule complétement chargé, et on obtient sa valeur en divisant cette différence de hauteur par la partie du chargement qui correspond à chacun des ressorts. Il est bien évident que pour ne pas dépasser une valeur donnée pour l'abaissement maximum du châssis, il faudra compter, dans la détermination de la flexibilité à donner aux ressorts, sur la valeur de l'abaissement de leurs extrémités, lequel est, d'après ce qui a été dit plus haut, plus faible que celui du châssis.

M. Rey établit ensuite la formule donnant la relation qui existe entre l'abaissement du châssis et celui des extrémités des ressorts, puis il fait ressortir l'influence de la longueur des menottes et celle de l'inclinaison de ces dernières, sur les efforts de tension que supporte la maîtresse feuille des ressorts.

M. Rey termine en donnant un tableau des résultats de l'application des formules ci-dessus indiquées, à une voiture de chemin de fer dans laquelle on a fait varier l'angle des menottes avec l'horizon, depuis 30 degrés jusqu'à 90 degrés.

M. le Président remercie M. Rey de sa communication.

MM. Briarez, David, Devilliers, Fournier et Guyot-Sionnest, ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 7 Avril 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 17 mars est adopté.

M. le Président annonce que M. Alcan vient d'être nommé chevalier de l'Ordre de Léopold, de Belgique.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de MM. Houel et Poulain (Pierre).

Il est ensuite donné lecture d'une lettre de M. Mékarski, qui écrit de Londres pour s'excuser de ne pouvoir assister à la séance de ce jour. En l'absence de M. Mékarski, M. le Président propose de remettre la discussion sur les moteurs à air comprimé.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société que le buste de M. Flachat, qui était placé dans la salle des séances, a été enlevé, sur la demande de l'artiste, dont il est l'œuvre, pour figurer à l'exposition annuelle des Beaux-Arts qui doit s'ouvrir prochainement à Paris.

M. BARRAULT présente, de la part de M. Lescasse, une collection d'outils à travailler le bois, employés au Japon, par les menuisiers et les charpentiers.

M. BARRAULT donne la description de ces divers outils qui diffèrent notablement, dans certaines de leurs parties, de ceux employés en Europe. Ils sont remarquables par la qualité de l'acier employé, ainsi que par leur grand bon marché.

M. BARRAULT signale spécialement le mode d'emploi des scies et des rabots. Ces outils travaillent en tirant, tandis que leurs similaires usités en Europe, travaillent au contraire en poussant. Les scies sont formées de lames très-larges, dont une extrémité est engagée dans un manche cylindrique plus ou moins long à la façon d'un couteau.

M. LE PRÉSIDENT croit qu'avec des outils travaillant tirant, l'utilisation des efforts de l'ouvrier doit être moins bonne qu'avec des outils travaillant, comme les nôtres, en poussant.

M. BARRAULT répond que les ouvriers japonais tirent un très-bon parti de leurs outils, et qu'ils produisent un travail au moins égal sinon supérieur à celui qu'on obtiendrait avec les outils européens.

M. BARRAULT termine sa communication en faisant connaître qu'au Japon il se fait une grande quantité d'images destinées aux enfants, et représentant la manière de se servir des différents outils relatifs aux divers métiers. Ces images sont peintes avec des couleurs vives, et elles portent un texte explicatif.

M. BARRAULT a remis à la Société, au nom de M. Lescasse, un certain nombre de ces images, dont quelques-unes se rapportent à l'emploi des outils dont il vient de donner la description.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Barrault de son intéressante communication.

M. JOURDAIN sur la demande de M. le Président donne les explications suivantes sur l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

L'*Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur* a été fondée,

il y a un an, sur le même principe que toutes les Associations, qui existent ou sont en voie de formation dans les grands centres industriels.

Leur but est de chercher les moyens de prévenir les accidents et les explosions des chaudières, et de mettre leurs membres à même de réaliser des économies dans la production et l'emploi de la vapeur.

A cet effet, un personnel spécial visite les chaudières et les machines en marche, inspecte avec le plus grand soin, dans toutes leurs parties, les tôles et les carneaux des chaudières arrêtées et vidées, fait des essais de chaudières, pour se rendre compte de leur rendement, des essais de machines à l'indicateur de Watt, pour vérifier leur réglement, connaître leur puissance et leur dépense de vapeur, des études sur les combustibles et, en un mot, sur toutes les questions qui se rapportent à la vapeur.

Les fonds nécessaires à la marche de ces Associations sont fournis par des cotisations annuelles fixes payées par les propriétaires, membres de l'Association.

Moyennant cette cotisation, chaque membre a droit à deux visites par an de chacun de ses générateurs et, en outre, l'ingénieur se tient à sa disposition pour tous les conseils et renseignements sur ses appareils à vapeur, qui peuvent lui être utiles.

Tous les autres travaux sont exécutés suivant un tarif très-modéré, fixé par le Conseil d'administration.

Le surplus des recettes sur les dépenses forme un fonds de réserve, qui est employé à des études d'intérêt général sur les chaudières, les machines, les combustibles, etc., et à fonder des prix pour des concours de chauffeurs.

L'utilité générale des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, n'est pas à démontrer; le succès qu'elles obtiennent en Alsace, dans le Nord, en Normandie, en Belgique la prouve suffisamment.

Depuis qu'elles existent, aucune d'elle n'a eu à déplorer d'accidents graves, sur les chaudières inspectées; mais que de défauts rencontrés dans les inspections! qui, s'ils n'avaient pas été signalés et corrigés, auraient pu amener des explosions plus ou moins terribles.

Il suffit, pour se convaincre de ce fait, de parcourir les rapports publiés chaque année par les ingénieurs des diverses Associations.

Dans l'un nous voyons que, sur 607 chaudières visitées, 159 cas de corrosions extérieures ou intérieures ont été rencontrés, dont 32 exigeaient une réparation immédiate; 99 présentaient des fuites ou des coups de feu.

Dans un autre, pour 790 visites, nous trouvons 142 fuites, déchirures ou coups de feu.

Dans un troisième enfin, le nombre des défauts graves s'élève à 144 sur 353 chaudières inspectées.

Une pareille énumération est peu rassurante; l'Association parisienne n'a malheureusement encore fait que peu de visites complètes; mais pas une chaudière n'a été trouvée absolument en bon état ou complétement exempte de défauts.

Il ne faut pas croire que les chaudières les plus malades se rencontrent seulement dans des usines mal tenues, où aucun soin n'est donné aux appareils à vapeur. Il n'en est rien. La plupart du temps, les propriétaires se fient à un contre-maître ou même au chauffeur, qui, soi-disant, examine parfaitement et vérifie, dans toutes leurs parties, l'état des générateurs; et quand les inspecteurs arrivent dans les usines les plus importantes et les plus soignées, ils rencontrent des chaudières mal nettoyées et présentant quelquefois des défauts graves, pour lesquels une réparation immédiate est souvent indispensable.

Ces faits prouvent suffisamment l'intérêt que présentent les Associations au point de vue de la sécurité; mais il y a un autre but non moins intéressant, c'est celui des économies à faire réaliser dans la production et l'emploi de la vapeur. De ce côté les services rendus ne sont pas moins nombreux; ils sont, il est vrai, plus difficiles à chiffrer; il est inutile d'insister sur ce fait, qu'un appareil bien installé, bien tenu et bien conduit, marche dans des conditions plus économiques qu'un appareil en mauvais état et confié à des mains inhabiles; or, la surveillance a justement pour but d'amener les chauffeurs à tenir parfaitement leurs générateurs, à les chauffer convenablement et d'indiquer aux propriétaires les améliorations qui peuvent être apportées à leurs appareils à vapeur, pour augmenter leur rendement. Il doit donc résulter forcément des économies de nos visites.

En outre, bien peu de machines se trouvent véritablement dans de bonnes conditions de marche, et la plupart consomment des quantités de vapeur beaucoup trop considérables pour le travail qu'elles fournissent. Un essai à l'indicateur de Watt, fait par un homme rompu à son emploi, lui permet de lire sur le diagramme relevé, tout ce qui se passe dans la machine, et il n'est pas rare de voir un bon réglement, fait à la suite d'un essai, amener immédiatement une économie de 25 à 30 pour 100 sur la quantité de vapeur et par suite de combustible consommé.

Or, combien d'industriels possèdent des indicateurs, et font les essais réguliers qui pourraient leur signaler les défauts de marche de leurs machines? Donc, dans ce cas encore, l'Association peut être une cause d'économie.

Enfin l'Association parisienne pourra, nous l'espérons, quand elle aura pris un développement suffisant, guider et même aider ses membres dans l'achat des combustibles, et ce ne sera pas de ce côté qu'on pourra leur faire réaliser les moindres économies.

M. Jourdain termine, en disant que le Conseil d'administration de l'Association parisienne se trouve composé de grands industriels, presque tous membres de la Société; ce sont : MM. E. Muller, Président, Blanche, Bonnefond, H. Boulenger, Bourdon, Chaize, J. Farcot, L. Feray, Orsat, Poirrier et L. Thomas.

La simple énumération de ces noms, suffit pour montrer l'importance des études qui peuvent être entreprises pour la recherche d'améliorations dans

la production et l'emploi de la vapeur, et les services que peut rendre à l'industrie cette Association.

M. Jourdain dépose à la bibliothèque de la Société deux exemplaires du premier Bulletin, qui contient les statuts de l'Association ; de plus, il se met entièrement à la disposition des membres de la Société, pour leur fournir tous les renseignements qui pourraient les intéresser.

M. le Président remercie M. Jourdain de sa communication.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Bazaine sur la nouvelle formule de jaugeage des cours d'eau, par MM. Ganguillet et Kutter.

M. Kutter, ingénieur à Berne, a publié en 1869 et 1870 deux Mémoires sur le jaugeage des cours d'eau, contenant l'exposé d'une formule nouvelle générale, ainsi que des tables et un tableau graphique.

Les applications de la science de l'hydraulique exigeaient depuis longtemps la substitution aux anciennes formules de de Prony et Eytelwein, de nouvelles formules plus compliquées et tenant compte, en outre, de l'influence de la nature des parois. Les expériences de MM. Darcy et Bazin, d'un côté, celle des ingénieurs militaires américains Humphreys et Abbot, d'autre part, ont en effet prouvé que dans la relation qui lie, d'après Eytelwein et Tadini, la vitesse moyenne avec la pente par mètre et le rayon moyen, soit :

$$V = c\sqrt{RI},$$

le coefficient c ne devait pas avoir une valeur constante. Suivant M. Bazin, on doit avoir :

$$\frac{RI}{V^2} = \frac{1}{c^2} = A = \alpha + \frac{\beta}{R},$$

les nombres α, β recevant respectivement quatre valeurs correspondantes à quatre séries de natures de parois. D'après les ingénieurs américains, l'expression de c est encore plus compliquée, et varie en sens inverse de la pente dans les cours d'eau à faible déclivité, contrairement aux résultats obtenus en Europe sur des cours d'eau à pentes fortes.

La formule de MM. Ganguillet et Kutter a pour but de s'appliquer aussi bien à tous les cours d'eau, quels que soient leurs pentes, les dimensions et la nature de leur lit (supposé régulier sur une certaine étendue). On la déduit comme il suit de celle de M. Bazin ; on a d'abord :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{\beta}{R}}} = \sqrt{\frac{a}{1 + \frac{b}{R}}},$$

en posant : $\frac{1}{\alpha} = a, \ \frac{\beta}{\alpha} = b.$

A la valeur de c, on substitue la suivante, qui répond mieux aux résultats des expériences :

$$c = \frac{a'}{1 + \frac{b'}{\sqrt{R}}}.$$

Mais a' et b' ne sont pas constants, et on a trouvé, en considérant des cours d'eau, comparables au point de vue des pentes et des dimensions de leur lit, que a' et b' pouvaient être liés par les relations

$$b' = na' - l, \quad a' = a + \frac{l}{n},$$

dans lesquelles a, l représentent des constantes et n un coefficient variable avec la nature du lit.

Pour introduire l'influence de la pente, on a ajouté le terme $\frac{m}{I}$ à l'expression de a', ce qui conduit à la formule définitive :

$$c = \frac{a + \frac{l}{n} + \frac{m}{I}}{1 + \left(a + \frac{m}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}.$$

Ce mode d'introduction de I dans la formule a été justifié en groupant les expériences faites sur des cours d'eau comparables au point de vue des valeurs de R et n, par séries de pentes égales. Ces expériences représentées graphiquement donnent un faisceau de droites concourantes en un point unique. L'inspection seule de la figure montre que les valeurs maxima de c correspondent aux pentes faibles, et les minima de c aux fortes pentes, pour des valeurs de R supérieures à 1, et que l'inverse a lieu pour des valeurs fractionnaires de R. La formule de Kutter répond donc bien aux résultats inverses constatés en Amérique, et sur les canaux artificiels de M. Bazin.

Des procédés graphiques analogues, appliqués à des séries d'expériences convenablement choisies, ont donné pour les constantes de la formule les valeurs suivantes :

$$a = 23, \quad l = 1, \quad m = 0{,}00155.$$

Quant au coefficient n, sa valeur varie depuis 0,009 jusqu'à 0,035, suivant des circonstances physiques variables et que l'ingénieur doit apprécier dans chaque cas. Pour simplifier, M. Kutter a considéré six catégories distinctes, correspondantes à différents degrés de rugosité des parois, de manière à faciliter le choix à faire entre les valeurs de n.

La formule de MM. Ganguillet et Kutter :

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}},$$

ne peut guère être appliquée qu'avec l'aide de tables. Ce travail a été fait et publié en Allemagne et en Italie; les tables donnent directement, pour trois catégories de valeurs de *n*, les vitesses et débits correspondants à des valeurs données de R et I. D'autres tables donnent les valeurs de *c* et celles de *a'* et *b'*; enfin, un procédé graphique fort simple et fort ingénieux permet d'obtenir, sans aucun calcul, l'une des quantités *c*, R, *n*, I, connaissant les trois autres.

M. Bazin qui a étudié la formule de M. Kutter, en 1871, dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, n'admet pas les résultats, assez difficiles à expliquer, des expériences américaines; en général, il croit que l'influence de la pente ne peut être introduite dans une formule de jaugeage, les expériences n'ayant encore fourni de données bien précises à cet égard.

Quoi qu'il en soit de cette critique, la formule de M. Kutter est appuyée sur 210 expériences faites dans les conditions les plus diverses, et la comparaison des vitesses calculées ou mesurées directement, au point de vue des différences minima dans les résultats obtenus, donne les chiffres suivants :

Formule américaine.	22	cas favorables.
— de M. Bazin.	45	—
— Ganguillet-Kutter.	165	—

On ne peut donc nier que l'emploi de cette dernière formule ne constitue un réel progrès en hydraulique, et il est à souhaiter que la publication en France des tables de M. Kutter vienne en rendre l'usage aussi général chez nous, qu'il l'est devenu en Allemagne, en Suisse et en Italie.

M. le Président remercie M. Bazaine de sa communication qui sera insérée intégralement au Bulletin de la Société.

M. Gautier, étant allé à Londres depuis la dernière séance, demande à ajouter quelques explications à sa communication sur les constructions en acier.

Il a vu M. Barlow, constructeur bien connu, et il a appris qu'il était chargé, avec le concours de sir John Hawkshaw, membre honoraire de la Société des Ingénieurs civils, de déterminer dans quel rapport on pourrait dorénavant employer, dans les constructions publiques, l'acier doux en place du fer. La commission a dû commencer ses travaux le 3 avril.

La situation en Angleterre, vis-à-vis du *Board of trade*, en matières de constructions publiques, est la même qu'en France. On ne peut employer le nouveau métal sans le faire travailler dans les mêmes conditions que le fer; on ne peut donc profiter de sa supériorité de résistance et de sa plus haute limite d'élasticité, pour diminuer les poids. Il y a là une situation qu'il importe de modifier, et les Anglais en ont bien compris l'importance. Tant qu'il n'y aura pas eu de réglementation sur la matière, l'initiative privée sera nécessairement arrêtée dans cette voie de progrès, qui s'impose à la

suite des perfectionnements réalisés par la métallurgie moderne, et, même dans les constructions civiles, on reculera devant la responsabilité.

M. Gautier pense donc qu'il serait utile que la Société des Ingénieurs civils fit auprès du gouvernement une démarche pour faire nommer une commission officielle, chargée de fixer dans quel rapport on peut employer l'acier doux dans les constructions publiques.

A côté des fonctionnaires représentant le gouvernement, la Société des Ingénieurs pourrait demander qu'on introduisît dans la commission un certain nombre de ses membres, connaissant bien cette question, et qui représenteraient l'expérience industrielle.

M. Gautier insiste donc auprès de M. le Président, et réclame toute sa sollicitude pour cette question.

M. le Président remercie M. Gautier de ce supplément à sa communication de la dernière séance. Il entre entièrement dans ses vues, et le prie de formuler sa demande dans une lettre qui sera renvoyée à la section de métallurgie.

MM. Eassie, Frion, Le Bel, Leneveu, Lescasse, Sherman, Tarantini, Thirion, Ubays et Véga, ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 21 Avril 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 avril est adopté.

M. le Président annonce que M. Lancel, membre de la Société vient d'être nommé officier d'académie.

M. Fouret donne ensuite communication d'une note sur une méthode graphique, pour la détermination des moments fléchissants d'une poutre droite.

Les calculs relatifs à l'étude des conditions de stabilité et de résistance des poutres droites, sont d'une telle importance et d'un emploi si fréquent pour le constructeur, qu'ils ont été l'objet de nombreux travaux destinés à en rendre l'usage de plus en plus sûr et rapide. La solution de ce problème, donnée d'abord par Navier sous une forme assez compliquée, fut quelque

temps après notablement perfectionnée par Clapeyron : les recherches de plusieurs savants ingénieurs, et entre autres, de MM. Bertot, Bresse, Collignon et Piarron de Mondésir, l'ont rendue tout à fait pratique. Néanmoins, il nous a paru possible d'y apporter une nouvelle simplification, par la substitution complète des méthodes graphiques aux procédés de calcul. La principale question à résoudre était de construire géométriquement les moments fléchissants sur les appuis. Nous y sommes parvenu en partant de la relation remarquable entre les moments fléchissants sur trois appuis consécutifs quelconques, établie par notre ancien collègue M. Bertot (*), pour le cas de travées chargées chacune d'un poids uniformément réparti et reposant sur des appuis de niveau, et étendu ensuite par M. Bresse au cas le plus général. Nous construisons ces moments par deux méthodes différentes : une méthode de fausse position et une méthode directe (*). Toutes deux s'appuient sur le lemme suivant :

Lorsque deux points M et N se meuvent respectivement sur deux droites X et Y, de manière que leurs distances x et y à des origines fixes situées sur X et Y, soient constamment liées par une relation linéaire

$$\alpha x + \beta y = \gamma,$$

les positions simultanées des deux points mobiles, déterminent sur X et Y des divisions proportionnelles. Par suite, si X et Y sont parallèles, les droites joignant les positions correspondantes des deux points mobiles concourent en un même point O, dont les distances à X et Y sont, au signe près, dans le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$. En outre, la parallèle à X et Y, menée par le point O partage A B dans le rapport de β à α (**).

Méthode de fausse position. — Considérons une poutre droite, ayant un plan de symétrie, sollicitée par des forces situées dans ce plan, et reposant librement sur $n+1$ appuis $A_0, A_1, A_2, \dots A_n$, au même niveau ou à des niveaux peu différents. Désignons par $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$, les moments fléchissants sur ces appuis, $l_1, l_2, \dots, l_n$, les longueurs des n travées. Trois moments consécutifs quelconques, $\mu_{i-1}, \mu_i, \mu_{i+1}$, sont liés par la relation,

$$(1) \qquad l_i \mu_{i-1} + 2(l_i\ l_{i+1})\mu_i + l_{i+1}\mu_{i+1} = k_i,$$

k_i désignant une certaine fonction des charges des travées et des distances verticales des appuis, dont la forme a été donnée par M. Bresse (***).

Au lieu de résoudre le système des $n-1$ équations déduites de (1) en fai-

(*) Société des Ingénieurs civils. — Séance du 6 juillet 1855.

(*) La même question a fait l'objet d'une note présentée à l'Académie des sciences en mars 1875 (*Comptes rendus*, tome LXIII, p. 550), et d'un mémoire publié aux *Annales des Ponts et Chaussées*, livraison d'avril 1876. — Voir une autre construction donnée par M. Maurice Lévy (*Comptes rendus* de l'Académie, tome LXIII, p. 749).

(**) Voir, pour les figures, la planche placée à la fin du cahier de mars-avril 1876.

(***) Bresse. *Mécanique appliquée*, troisième partie, page 9.

sant successivement $i = 1, 2, \ldots, n-1$, et observant que μ_0 et μ_n sont nuls, nous établissons, à l'aide du lemme ci-dessus énoncé, que si l'on fait varier μ_1, μ_0 restant nul, les valeurs correspondantes de $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$, tirées de (1) et portées dans un sens convenable sur les verticales des appuis, donnent des points $m_1, m_2, \ldots, m_n$ tels que les côtés du polygone $m_1 m_2 \ldots m_n$ pivotent chacun autour d'un point fixe. Les verticales de ces pivots O_2, $O_3, \ldots O_n$, divisent les travées correspondantes, suivant des rapports $\frac{A_2 D_2}{A_1 D_2} = \rho_1$, $\frac{A_3 D_3}{A_2 D_3} = \rho_2, \ldots$, $\frac{A_n D_n}{A_{n-1} D_n} = \rho_{n-1}$, déduits les uns des autres à l'aide de la relation

$$(2) \qquad \rho_i = \left(2 - \frac{1}{\rho_{i-1}}\right)\frac{l_i}{l_{i+1}} + 2,$$

dans laquelle on fait successivement $i = 1, 2, \ldots n-1$, ρ_0 étant considéré comme nul.

La série des opérations est la suivante :

1° Calculer les rapports ρ à l'aide de la formule (2) ; 2° au moyen de ces rapports, construire sur chacune des travées autres que la première, la projection D du pivot relatif à cette travée ; 3° déduire des équations telles que (1) la série des valeurs de $\mu_2, \mu_3, \ldots \mu_n$, qui correspondent à une valeur arbitraire donné à μ_1, μ_0 étant nul ; 4° construire sur les verticales des appuis les ordonnées $A_1 m_1$, $A_2 m_2$, $A_3 m_3, \ldots$, $A_n m_n$, respectivement égales aux valeurs de μ_1, μ_2, $\mu_3, \ldots$, μ_n, ainsi calculées ; 5° Prendre les points d'intersection respectifs $O_2, O_3, \ldots, O_n$, de $m_1 m_2$, $m_2 m_3, \ldots$ $m_{n-1} m_n$, avec les verticales des points $D_2, D_3, \ldots, D_n$; 6° joindre $A_n O_n$ qui coupe la verticale A_{n-1} en M_{n-1}, $M_{n-1} O_{n-1}$ qui coupe la verticale A_{n-2} en M_{n-2} etc. ; $M_2 O_2$ qui coupe la verticale A_1 en M_1. Les ordonnées $A_1 M_1$, $A_2 M_2, \ldots$, A_{n-1}, M_{n-1}, sont égales aux moments fléchisssants cherchés.

Une méthode graphique de fausse position avait déjà été proposée par M. Bertot (*) : celle que nous venons d'indiquer, présente l'avantage de n'exiger le calcul que d'un seul système de valeurs d'essai ; néanmoins, elle doit être abandonnée, pour faire place à la méthode directe que nous allons en déduire.

Méthode directe. — Nous supposerons d'abord les appuis de niveau et les travées chargées respectivement de poids uniformément répartis et égaux par mètre courant à $p_1, p_2, \ldots, p_n$. L'équation (1) s'écrit alors :

$$l_i \mu_{i-1} + 2\,(l_i + l_{i+1})\mu_i + l_{i+1}\mu_{i+1} = \frac{1}{4} p_i l_i^3 + \frac{1}{4} p_{i+1} l^3_{i+1},$$

Cette relation analytique, comme l'a fait voir M. Collignon (**), se traduit par la relation géométrique suivante :

(*) Comptes rendus de la Société, séance du 6 juillet 1855.

(**) Collignon. — *Résistance des matériaux*, première partie, p. 254. — *Théorie élémentaire des poutres droites*, première partie, p. 38.

Sur les verticales des appuis A_{i-1}, A_i, A_{i+1}, on prend les ordonnées $A_{i-1}M_{i-1}$, A_iM_i, $A_{i+1}M_{i+1}$, respectivement égales aux moments fléchissants μ_{i-1}, μ_i, μ_{i+1}, et on prolonge A_iM_i d'une longueur égale, jusqu'en M'_i. Par les points milieux B_i et B_{i+1} des deux travées considérées, on élève les verticales $B_iP_i = \frac{1}{8} p_i l_i^2$, $B_{i+1}P_{i+1} = \frac{1}{8} p_{i+1} l^2_{i+1}$. La relation géométrique due à M. Collignon consiste en ce que la droite $P_i P_{i+1}$ et la droite qui joint les points de rencontre respectifs G_i et G_{i+1} de B_iP_i et $B_{i+1} P_{i+1}$ avec $M_{i-1} M'_i$ et M'_iM_{i+1}, vont se couper en un point H_i situé sur la verticale équidistante des appuis A_{i-1} et A_{i+1}.

Cette construction donne μ_{i+1}, quand on connaît μ_{i-1} et μ_i. Elle donnerait par suite tous les moments cherchés, si on connaissait seulement μ_1. On évite le calcul préalable de μ_1, par les considérations suivantes:

Lorsqu'on fait varier μ_1, les droites telles que $M_{i-1}M'_i$ et $M_iM'_{i+1}$ pivotent respectivement autour de points fixes I_i et J_{i+1} : cela résulte du lemme donné plus haut. E_i et F_{i+1} étant les projections de I_i et J_{i+1} sur la ligne des appuis, on a :

$$\frac{A_iE_i}{A_{i-1}E_i} = 2\rho_{i-1}, \quad \frac{A_{i+1}F_{i+1}}{A_iF_{i+1}} = \frac{1}{2}\rho_i;$$

d'où :

$$A_{i-1}E_i = \frac{l_i}{1+2\rho_{i-1}}, \quad A_iF_{i+1} = \frac{l_{i+1}}{1+\frac{1}{2}\rho_i}.$$

Au-dessus de chacune des travées sauf la première, se trouvent deux points I et J, dont les verticales se construisent comme nous venons de l'indiquer.

Considérons le triangle $G_iM'_iG_{i+1}$, dans deux quelconques de ses positions : ses sommets ont glissé sur leur verticale respective; ces verticales ayant un point de concours commun à l'infini, le triangle $G_iM'_iG_{i+1}$, en se déplaçant, reste *homologique*, en prenant ce mot dans le sens que lui a donné Poncelet, et par suite les côtés de ce triangle coupent respectivement leur position première en trois points en ligne droite. En d'autres termes, les pivots I_i, H_i et J_{i+1} des côtés $G_iM'_i$ ou $M_{i-1}M'_i$, G_iG_{i+1} et M'_iG_{i+1} ou M'_iM_{i+1} sont sur une même ligne droite.

On établit enfin un lien entre les pivots I et J relatifs à une même travée, en supposant μ_1, choisi de façon à rendre μ_{i-1} nul. En appliquant à ce cas particulier les relations géométriques déjà indiquées, on arrive à la construction suivante : prolonger $F_i J_i$ d'une longueur égale jusqu'en J'_i, et tracer $A_{i-1} J'_i$, qui coupe la verticale du point E_i au point I_i cherché.

Règle pratique. — 1° On calcule les rapports ρ par la formule (2), et à l'aide de ces rapports, on construit les points E et F de chaque travée, à

partir de la seconde inclusivement, les points E et F_i de la $i^{ème}$ travée étant donnés par les expressions ;

$$A_{i-1}E_i = \frac{l_i}{1+2\rho_{i-1}},\quad A_{i-1}F_i = \frac{l_i}{1+\frac{1}{2}\rho_{i-1}}.$$

2° Sur le milieu de chaque travée, on élève une ordonnée BP déterminée par la relation $B_iP_i = \frac{1}{8}p_i l_i^2$. On joint les points dans l'ordre où ils se succèdent ; puis sur le milieu de chaque couple de deux travées consécutives, on élève une verticale qui coupe le côté correspondant du polygone $P_1P_2\ldots P_n$ en un point H.

3° On joint A_0H_1 qui rencontre en J_2 la verticale du point F_2, On prolonge F_2J_2 d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_2 : $A_1J'_2$ rencontre la verticale E_2 en un point I_2. On joint I_2H_2 qui rencontre en J_3 la verticale F_3. On prolonge F_3J_3 jusqu'en J'_3 : $A_2J'_3$ coupe la verticale E_3 en un I_3, et ainsi de suite.

4° Ayant finalement construit le point J_n au-dessus de la $n^{ième}$ travée, on trace A_nJ_n qui rencontre la verticale A_{n-1} en un point M'_{n-1} tel que $A_{n-1}\ M'_{n-1} = 2\mu_{n-1}$, $M'_{n-1}\ I_{n-1}$ qui rencontre la verticale A_{n-2} en un point M_{n-2}, tel que $A_{n-2}M_{n-2} = \mu_{n-2}$, et ainsi de suite, cette construction donnant alternativement sur les verticales des appuis, les moments fléchissants eux-mêmes et ces moments doublés.

Vérification. — On détermine d'une seconde manière les moments fléchissants sur les appuis en traçant $A_n I_n$ qui rencontre la verticale A_{n-1} en un point M_{n-1} tel que $A_{n-1}M_{n-1} = \mu_{n-1}$, $M_{n-1}J_{n-1}$ qui rencontre la verticale A_{n-2} en M'_{n-2} tel que $A_{n-2}M'_{n-2} = 2\mu_{n-2}$, etc., etc. En comparant les résultats de ces deux modes de construction, on obtient une vérification. Cette vérification si simple n'est pas un des moindres avantages que présente notre méthode graphique sur les procédés de calcul ordinairement employés, dans lesquels une erreur peut facilement se produire sans qu'on s'en aperçoive.

On peut remarquer que les verticales E et F restent fixes, dans toutes les hypothèses que l'on peut faire sur la distribution des charges sur les travées. De plus, chaque point H relatif à une couple de deux travées contiguës ne peut occuper sur la même verticale que quatre positions différentes, qui correspondent aux quatre combinaisons suivantes : 1° les deux travées non surchargées ; 2° la travée de gauche seule surchargée ; 3° la travée de droite seule surchargée ; 4° les deux travées surchargées. Une fois construites les verticales des points E et F et les quatre séries de points H, la détermination des moments fléchissants sur les appuis, dans les diverses hypothèses de répartition des charges à considérer, se fait au moyen de constructions qui n'exigent absolument que l'emploi de la règle.

Modification proposée par M. l'ingénieur Sacheri. — Dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences de Turin en mai 1875, un ingénieur italien, M. Sacheri a indiqué une modification à notre méthode, dans le but d'éviter l'inconvénient que peut avoir dans certains cas, pour la détermination du point I de chaque travée, l'intersection trop oblique de la verticale du point E avec la droite joignant l'appui de gauche au point J' de la même travée. M. Sacheri construit, pour chaque travée, la verticale D dont nous avons fait usage dans notre méthode de fausse position, et il démontre que le pivot O situé sur cette verticale est à l'intersection de la droite joignant l'appui de gauche au point J avec la droite, joignant l'appui de droite au point I. Par suite, pour déterminer I après avoir obtenu J sur une travée quelconque, on joint l'appui de gauche à J, on prend l'intersection O de la droite ainsi tracée avec la verticale D, puis on joint l'appui de droite au point O par une ligne qui coupe la verticale E au point I cherché. Cette construction fournissant les pivots O, on peut tracer le polygone $M_1M_2 \ldots M_{n-1}$: d'où résulte une nouvelle vérification. Enfin, en remarquant que le triangle OIJ, relatif à une travée quelconque, reste toujours homologique à lui-même, quelle que soit la distribution des charges, on déduit immédiatement de la construction de M. Sacheri que la droite IJ rencontre la ligne des appuis en un point fixe.

Généralisation. — Pour appliquer notre méthode au cas général de travées chargées d'une manière quelconque et reposant sur des appuis à des niveaux différents, il suffit après avoir ramené sur l'épure les appuis au même niveau, de construire chaque point H, en prenant $C_iH_i = \frac{k_i}{l_i + l_{i+1}}$, k_i, désignant le second nombre de l'équation (1). Le reste des constructions s'effectue comme nous l'avons indiqué.

Ainsi qu'on peut le voir, notre méthode graphique conserve toute sa simplicité, au milieu des conditions les plus diverses auxquelles on peut assujettir la poutre : elle permet d'étudier avec une extrême facilité un grand nombre de cas qui seraient inabordables par le calcul.

Lorsqu'on connaît les moments fléchissants sur les appuis d'une poutre, on en déduit très-aisément, par des constructions connues, tous les éléments dont on a besoin : moments fléchissants et efforts tranchants aux divers points, réactions des appuis. Nous n'insisterons pas sur ces conséquences.

Il nous reste à montrer, en terminant, que les procédés graphiques fournissent une approximation suffisante. Le but des calculs, dans l'étude d'un projet de poutre droite, est, comme on sait, de déterminer le taux moyen auquel le métal travaille dans chacune des sections de la poutre, c'est-à-dire de trouver la valeur de R vérifiant la relation $\frac{RI}{v} = \mu$, dans laquelle I désigne le moment d'inertie de la section considérée, v la distance de la fibre neutre à la fibre la plus fatiguée, et μ le moment fléchissant maximum relatif à la section. R devant, d'après les réglements

administratifs, être inférieur à 6k par millimètre carré, il suffit, pour apprécier de combien il s'écarte de cette limite, d'en calculer la valeur à un dixième de kilogramme près. $\frac{I}{v}$ pouvant être calculé avec telle approximation que l'on veut, l'erreur relative de R est très-sensiblement égale à celle de μ, c'est-à-dire que pour avoir R avec deux chiffres exacts, il suffit d'obtenir μ pareillement avec deux chiffres exacts. Or, rien n'est plus facile que d'atteindre cette approximation avec la méthode que nous avons exposée, en choisissant une échelle convenable.

M. le Président remercie M. Fouret de son intéressante communication.

M. Gautier présente quelques observations sur le calcul du rendement de la locomotive Mékarski.

Sans attaquer en principe les résultats pratiques obtenus et qui paraissent résoudre d'une manière fort intéressante la traction mécanique des tramways, on peut se demander si le rendement indiqué par l'inventeur n'est pas notablement différent de ce qu'un calcul élémentaire lui a donné.

Les machines à air comprimé sont de véritables appareils thermiques dans lesquels les chutes de chaleur sont sensiblement proportionnelles au travail produit. Il semble donc difficile de ne pas tenir compte, dans une certaine mesure, des principes de la théorie mécanique de la chaleur, si on veut calculer le rendement de ce genre de machines.

En admettant que les pressions varient en raison inverse des volumes et qu'il n'y ait ni chaleur développée par la compression, ni refroidissement dans la détente, M. Mékarski trouve :

1° Que la *chute de pression* de 25 atmosphères à 5 dans le détendeur, suivie de la *détente complète* de 5 atmosphères à 1 dans la machine donne un rendement de 0,62, c'est-à-dire une perte de 0,38 seulement.

2° Que cette perte de 0,38 est compensée au delà par le bénéfice du réchauffage au moyen de la bouillotte.

Cette manière de calculer doit donner évidemment un *maximum* du rendement, celle que nous proposons donnera peut-être un nombre trop faible, *sans cependant être un minimum;* les expériences qui doivent être entreprises prochainement sous la direction de M. Tresca montreront de quel côté est plutôt la vérité et serviront à éclairer cette question encore si obscure de l'emploi de l'air comprimé.

Nous procéderons d'une manière différente de celle employée par M. Mékarski, nous prendrons pour unité le kilogramme d'air sans nous occuper des volumes qui varient à chaque instant. Pour ne pas compliquer les calculs, nous ne tiendrons pas compte de l'état initial du réservoir au moment du remplissage; si cette quantité d'air à 5 atmosphères qui le remplit au commencement de la compression et qui se retrouve ensuite

intégralement quand on arrête le travail de la machine, ne fonctionne pas comme une quantité rigoureusement constante, nous aurons toujours en opérant ainsi une approximation très-suffisante.

Ce kilogramme d'air, nous le comprimerons de 1 à 25 atmosphères et après l'avoir préalablement détendu jusqu'à 5 atmosphères nous le consommerons entièrement dans la machine en le faisant détendre jusqu'à la pression atmosphérique. Nous considérerons ensuite l'influence de la bouillotte.

1° Compression de 1 kilogramme d'air à 25 atmosphères en tenant compte de la chaleur développée.

Partons de cette application de la théorie mécanique de la chaleur aux gaz permanents, que *la chaleur interne d'un kilogramme de gaz est proportionnelle au produit de sa chaleur spécifique à volume constant* c' *par sa température absolue* $273+t$.

La chaleur interne que possède l'air à son entrée dans le cylindre compresseur est

$$c'\,(273+t)$$

celle qu'il possède à sa sortie est

$$c'\,(273+t').$$

Si, par suite de l'imperméabilité des parois du cylindre pour la chaleur, l'air ne reçoit ni ne perd de chaleur pendant son passage dans le cylindre, la différence entre ces quantités de chaleur représente, d'après le premier principe de la théorie mécanique de la chaleur, le travail employé à la compression de l'air. Mais l'air passe de la pression p à la pression p'; le travail nécessaire pour introduire dans le réservoir 1 kilogramme d'air est donc le travail employé à la compression de l'air.

$$424^{k} \times c'\,(t'-t),$$

en prenant pour valeur de l'équivalent dynamique de la chaleur 424 kilogrammètres, augmenté du travail du refoulement dans le réservoir, $v'\,p'$ (en appelant v' le volume de cet air à la pression p' et à la température $273+t'$) et diminué du travail moteur développé par la pression extérieure, $v\,p$ (en appelant v le volume de cet air à la pression p et à la température $273+t$.)

Le travail moteur sera donc :

$$T = 424^{k} \times c'\,(t'-t) + v'\,p' - v\,p.$$

et comme dans les gaz permanents on a :

$$v'\,p' = 424 \times (c-c')\,(273+t')$$
$$v\,p = 424 \times (c-c')\,(273+t)$$

il viendra

$$T = 424 \times c \times (t'-t)$$

en désignant par c la chaleur spécifique de l'air à pression constante.

Mais les températures t et t' sont reliées aux pressions par la relation.

$$\frac{273+t'}{273+t}=\left(\frac{p'}{p}\right)^{0,29}$$

quand il n'y a ni échauffement ni refroidissement extérieur. L'exposant 0,29 s'obtient en faisant $\frac{c}{c'}=1,41$ dans l'expression

$$\frac{\frac{c}{c'}-1}{\frac{c}{c'}}$$

Nous aurons donc

$$T=424\times c\times(273+t)\left[\left(\frac{p'}{p}\right)^{0,29}-1\right] \qquad (1)$$

Nous n'emploierons pas cette formule pour calculer le travail de la compression. Elle suppose, en effet, qu'on ne prenne aucune précaution contre l'échauffement du gaz. On ne peut empêcher dans le compresseur la production de la quantité de chaleur équivalente au travail consommé, mais on peut la soustraire en majeure partie à chaque coup de piston au moyen d'injection d'eau froide et obvier ainsi aux accumulations de chaleur qui augmenteraient inutilement la pression momentanée du gaz. Comme M. Mékarski l'a fait observer très-justement, quand l'équilibre de température se serait établi entre le réservoir et l'air ambiant, la pression baisserait avec la température et il y aurait une perte de travail disponible correspondante. On cherche à refroidir l'air le plus possible pendant la compression et on arrive en général à ne pas dépasser 80°. L'air sec au-dessus de 100° exerçant une désorganisation énergique sur les graisses, on aurait des grippements dans le cylindre; aussi la présence de la vapeur d'eau est-elle fort utile, elle lubréfie les surfaces.

Une machine à air comprimé est *reversible*, c'est-à-dire que si on a dépensé un certain travail pour comprimer un kilogramme d'air de la pression p à la pression p' et le faire passer dans un réservoir, le même poids d'air restant dans les mêmes conditions physiques sera susceptible de rendre un travail équivalent en quittant le réservoir et passant de la pression p' à la pression p.

$$T=424^{k}\times c\,(t'-t)$$

avec

$$\frac{273+t}{273+t'}=\left(\frac{p}{p'}\right)^{0,29}$$

ou

$$T_{1}=100,8\,(273+t')\left[1-\left(\frac{p}{p'}\right)^{0,29}\right] \qquad (2)$$

en donnant à c la valeur 0,237.

C'est la formule que nous emploierons pour le *travail de la détente de l'air ayant une pression* p', *une température* t, *et parvenant à la pression* p. Elle est fort simple et tient compte, comme on le voit, du travail à pleine pression. Elle a été déterminée par M. Mallard dans une étude sur les machines à air comprimé, publiée dans le bulletin de l'*Industrie minérale* de 1867.

Pour le travail de la compression, nous adopterons la formule dont M. Mékarski s'est servi déjà et qui suppose l'absence complète d'échauffement de l'air. On nous accordera que nous nous mettrons dans le cas du *minimum de travail de la compression.*

$$T_c = PV \log \text{nép} \frac{P}{P'}$$

que nous transformerons en

$$T_c = 29{,}27\ (273 + t') \log \text{nép} \frac{P'}{P} \qquad (3)$$

en introduisant la loi fondamentale des gaz

$$PV = 29{,}27\ (273 + t) = P'V'$$

Admettons que l'air du réservoir de la locomotive Mékarski soit à 10°, température moyenne de Paris, et faisons

$$P = 1 \quad P' = 25.$$

il vient :

$$T_c = 25\,684 \text{ kilogrammètres.}$$

Si nous avions appliqué la formule (1) qui suppose l'échauffement de l'air pendant la compression, nous aurions trouvé :

$$T_{c_1} = 41\,725 \text{ kilogrammètres,}$$

nombre beaucoup trop fort, qui ne se rapprocherait pas assez des conditions que l'on cherche à réaliser dans la pratique.

Détente complète de 25 *atmosphères à une.* — On peut se demander d'abord ce que rendrait la machine si, au lieu de faire détendre l'air de 25 atmosphères à 5 et de l'employer ensuite dans la machine en le faisant détendre de 5 atmosphères à une, on le faisait agir directement à 25 atmosphères avec détente complète.

En faisant dans la formule (2)

$$t' = 10° \text{ et } \frac{p}{p'} = \frac{1}{25},$$

nous aurons :

$$T_d = 17\,100 \text{ kilogrammètres.}$$

Si nous avions donné à t' une valeur égale à l'échauffement qu'aurait produit la compression théorique, nous serions retombés forcément sur le nombre 41 725 kilogrammètres que nous avions trouvé pour la compression.

Remarquons que la détente complète de 25 atmosphères à 1, en admettant le refroidissement de l'air nous donne un travail inférieur à celui de la compression en suivant la loi de Mariotte, 17 115 kilogrammètres au lieu de 26 684. C'est précisément dans ce changement du travail de la détente que la théorie mécanique de la chaleur montre son influence ; sauf pour des valeurs spéciales de p et de p', on a toujours :

$$100,8\,(273 + t')\left(1 - \left(\frac{p}{p'}\right)^{0,29}\right) - 29,27\,(273 + t')\log\text{nép}\frac{p}{p'} < 0,$$

et ces valeurs spéciales sont celles qui vérifient l'équation obtenue en égalant à 0 le second membre.

Chute de pression de 25 atmosphères à 5 par l'action du détendeur.

Faisons dans la formule (2) :

$$t' = 10 \quad p = 5 \quad \text{et } p' = 25,$$

nous aurons :

$$T_d' = 10\,554 \text{ kilogrammètres.}$$

C'est le travail que produirait un kilogramme d'air en passant de la pression de 25 atmosphères à 5.

Cette détente primitive introduite par M. Mékarski pour produire l'alimentation de la machine à pression constante amène donc une perte de travail qui est de

$$\frac{10\,554}{17\,115}$$

avec un abaissement de température qui serait donné par l'équation

$$\frac{a + x}{a + t'} = \left(\frac{1}{5}\right)^{0,29} \quad x + t'' = -38° \quad x = -48°.$$

Si cette détente était produite en agissant sur le piston de la machine.

Détente sans réchauffage dans la machine, de 5 atmosphères à une.

En donnant dans la formule (2) à la température sa nouvelle valeur − 48° nous trouverions pour la détente de 5 atmosphères à une, p étant égal à 1 et p' à 5,

$$T_{d''} = 6\,546 \text{ kilogrammètres,}$$

ce travail ajouté à celui de la détente primitive reconstruirait, en effet, le travail disponible total :

$$6\,546 + 10\,554 = 17\,100,$$

mais nous ne pouvons pas raisonner ainsi parce que la détente de 25 atmosphères à 5 n'ayant pas été accompagnée d'un véritable travail sur la machine

n'a pu produire un abaissement de température semblable : nous devons donc supposer que t' a conservé sa valeur de 10° et nous avons alors :

$$T_{d'''} = 10554 \text{ kilogrammètres.}$$

Nous retrouvons le même nombre de kilogrammètres que celui que nous avons obtenu pour la chute de pression de 25 à 5 atmosphères, car la fraction $\frac{5}{25}$ est égale à $\frac{1}{5}$; la température initiale étant la même et le rapport de détente identique, nous devions, en effet, retrouver le même nombre.

Nous avons donc, en supposant *la compression sans chaleur et la détente sans réchauffage par la bouillotte en passant de 5 atmosphères à une*, une perte de travail de :

$$\frac{T_c - T_{d'''}}{T_c} = \frac{26684 - 10554}{26684} = 0,61,$$

tandis que M. Mékarski ne trouve que 0,38.

Influence de la bouillotte dans la détente de l'air de 5 atmosphères à une.

L'air sort de la bouillotte en moyenne à 120° ; il est saturé de vapeur d'eau ayant cette température et par conséquent une pression de 2 atmosphères. D'après la loi de Gay-Lussac sur le mélange des vapeurs et des gaz la pression du mélange est la somme des pressions de chacun des éléments. Donc en mélangeant à de l'air à 5 atmosphères de la vapeur d'eau à 2, la pression devra être de 7 atmosphères pour le mélange. M. Mékarski nous dit, en effet, que dans ses expériences cette pression était aux environs de 8 atmosphères. La proportion d'eau à l'état de vapeur est donc le $\frac{1}{5}$ du poids de l'air, comme l'indique le calcul :

$$\frac{0^k,622 \times 2}{5 + 2} = 0^k,18.$$

Quel va être le travail de la détente de un kilogramme d'air à 120° entraînant à l'état de vapeur $0^k,18$ d'eau ?

Il serait difficile de traiter cette question en toute rigueur ; on comprend en effet qu'entre l'air, la vapeur d'eau, l'eau entraînée à l'état liquide et l'eau de condensation pendant la détente, il y ait des échanges de chaleur qui influent sur la température finale. Mais nous simplifierons la question en démontrant que *par la présence de la vapeur d'eau en aussi grande quantité l'air se détendra en suivant la loi de Mariotte.*

En effet, si l'air à 120° ne suit pas la loi de Mariotte, sa température x après la détente sera donnée par l'équation

$$\frac{273 + x}{273 + 120} = \left(\frac{1}{5}\right)^{0,29},$$

$$x = -30° ;$$

Il y aurait donc un abaissement de température de 150° en total, ce qui constitue pour un kilogramme d'air une quantité de chaleur de

$$0,2377 \times 120^\circ = 35 \text{ calories.}$$

Si dans le $0^k,18$ de vapeur d'eau à 120° dont l'air est saturé, nous avons beaucoup plus que ces 35 calories, nous pourrons admettre que l'air ne se refroidit pas sensiblement pendant la détente, c'est-à-dire qu'il suit la loi de Mariotte.

D'après M. Regnault un kilogramme d'eau en vapeur à t possède une quantité de chaleur :

$$Q = 606,5 + 0,305\, t,$$

ce qui pour $t = 120°$, donne :

$$Q = 643 \text{ calories,}$$

et pour $0^k,18$, 105 calories.

Il restera donc :

$$105 - 65 = 40,$$

pour élever la température de l'eau au-dessus de zéro. En réalité, il y aura un petit abaissement de température du mélange d'air et de vapeur, mais nous n'en tiendrons pas compte.

Le travail de l'air à 120° et à 5 atmosphères de pression nous sera donné par la même formule (3) que nous avons employée pour la compression en suivant la loi de Mariotte,

$$T = 29,27\,(273 + 120^\circ)\log \text{nép}\, 5$$
$$= 18411 \text{ kilogrammètres.}$$

Quant au travail de la vapeur de 2 atmosphères à une, *nous ne pouvons en tenir compte*, car dès le commencement de la détente l'air abaisse la température de cette vapeur d'eau au-dessous de 100°, en lui prenant toute la chaleur qui correspondrait au travail de 120 à 100°. D'ailleurs, c'est une faible quantité de kilogrammètres, 2000 environ, tandis que le travail de la détente de l'air passe, par suite de la présence de la vapeur de 10554 à 18411.

Si on faisait abstraction de la quantité de chaleur nécessaire à l'échauffement de $0^k,18$ d'eau et de un kilogramme d'air de 10° à 120°, on obtiendrait une valeur approchée du rendement final :

$$\frac{18411}{26684} = 0,69,$$

tandis que M. Mékarski admet que dans les mêmes conditions il dépasserait l'unité.

Sans la bouillotte, nous avions seulement :

$$\frac{10554}{26684} = 0,39.$$

Nous avons donc *presque doublé le rendement par l'introduction du réchauffage de l'air*. Voilà ce que l'emploi des principes de la théorie mécanique de la chaleur met bien en évidence.

Pour être rigoureux, il faudrait tenir compte de la quantité de chaleur fournie à l'air et à l'eau pour les porter de 10° à 120°.

Pour un kilogramme d'air, c'est :

$1 \times 0,237 \times 110 =$	26 calories,
et pour $0^k,18$ d'eau.	105 calories environ
Total.	131 calories.

soit 131 calories par chaque kilogramme d'air ou $0^k,25$ d'eau à 120°.

Admettons que 1 kilogramme de houille vaporise à 120 degrés 7 kilogrammes d'eau, 1 kilogramme d'eau demandera $0^k,142$ de houille et pour $0^k,18$ à 0,25 d'eau il faudra au maximum $0,142 \times 0,25 = 0^k,035$ de houille par kilogramme d'air.

Admettons que la pompe de compression soit dans de très-bonnes conditions et rende 0,75 en consommant par cheval et par heure $1^k,5$ de houille seulement.

Le travail en kilogrammètres pour une consommation de 10 kilogrammes d'air par heure sera :

$$10 \times 26684,$$

et en tenant compte du rendement du compresseur :

$$\frac{10 \times 26684}{0,75}.$$

Or, un cheval-vapeur correspond à 75×3600 ou 270 000 kilogrammètres par heure.

$$\frac{10 \times 26684}{0,75 \times 270000} = 1^{ch},32,$$

et pour un kilogramme d'air seulement :

$$0^{ch},13.$$

Or, 1 cheval s'obtenant avec $1^k,5$ de houille, $0^{ch},13$ consommera :

$$0,13 \times 1,5 = 0^k,195,$$

d'un autre côté, la chaleur communiquée à l'air et à l'eau demande :

$$0^k,038;$$

la quantité totale de houille consommée sera donc :

$$0,195 + 0,035 = 0,230.$$

Le rendement se calculera donc évidemment de la manière suivante :

$$\frac{18411}{26684} \times \frac{195}{230} = 0,58$$



Ainsi, pour résumer ces observations que nous avons dû rendre un peu longues pour faciliter l'établissement et l'intelligence des formules fondamentales, nous dirons que *la théorie mécanique de la chaleur montre l'influence bienfaisante du réchauffage de l'air au moment de la détente*.

Dans un premier travail, M. Gautier avait supposé que l'on put admettre la détente isolée de l'air et de la vapeur, le premier ne suivant pas la loi de Mariotte, mais on a vu que cette manière de calculer le rendement ne se rapprocherait pas assez de la vérité. Il est évident que la présence de la vapeur d'eau permet très-sensiblement d'obvier au refroidissement de l'air, il n'y a donc pas lieu dans ce cas d'appliquer une autre loi que celle des pressions en raison inverse des volumes. C'est là ce qu'il y a de plus remarquable dans la disposition de M. Mékarski pour l'emploi de l'air comprimé.

Si nous voulons maintenant comparer le genre de moteur avec les petites machines, nous dirons :

Le rendement étant 0,75 pour le compresseur et 0,58 pour la machine, le rendement total sera

$$0{,}75 \times 0{,}58 = 0{,}43.$$

Et si 1k50 par cheval et par heure est la consommation du compresseur, un petit moteur ne sera pas avantageux, toutes choses égales d'ailleurs, s'il ne consomme pas moins de

$$\frac{1{,}5}{0{,}43} = 3^k{,}500.$$

M. Mékarski a besoin, pour discuter les conclusions de M. Gautier, d'étudier attentivement les formules dont il se sert pour calculer le travail de compression et de détente.

Il lui paraît que c'est en supposant la température constante qu'il convient d'évaluer l'un et l'autre pour arriver à un résultat d'accord avec la pratique. Il a fait voir que l'emploi de l'air comprimé comme force motrice ne peut être avantageux qu'à la condition qu'on réussisse à prévenir, par des moyens appropriés, l'échauffement de l'air pendant la compression et son refroidissement pendant la détente. Cette condition étant à très-peu près remplie dans les appareils qu'il emploie, il croit que, dans l'espèce, l'application de la loi de Mariotte est parfaitement justifiée et qu'elle permet de calculer le travail aussi exactement qu'au moyen des formules de la théorie mécanique de la chaleur.

Les chiffres de 0,58 ou même de 0,69 trouvés par M. Gautier pour le rendement théorique de la machine sont difficiles à concilier avec le résultat des expériences d'après lesquelles le travail utile, à la jante des roues motrices, ressort à environ 400,000 kilogrammètres par mètre cube d'air comprimé à 25 atmosphères.

Si l'on évalue à 0,60 le rendement de l'organisme moteur on est fondé

à croire que le travail développé sur les pistons, celui qu'on relèverait avec un indicateur de Watt, n'est pas moindre de 650,000 kilogrammètres, tandis que le travail théorique de compression n'est que de 541,500 kilogrammètres. Il semble donc que non-seulement on récupère par le réchauffement tout ce que peut faire perdre le détendeur, mais que l'on gagne encore 110,000 kilogrammètres, ce dont le rôle de la vapeur dans le système rend très-suffisamment compte.

M. le Président pense que la différence si considérable signalée entre les résultats de l'expérience et les calculs de M. Gautier doit effectivement engager celui-ci à revoir son travail à ce point de vue et à rechercher si les bases théoriques qu'il a admises, correspondent bien à la réalité des faits.

M. Arson croit indispensable de tenir compte dans les calculs de l'air qui reste dans les réservoirs lors du chargement, ainsi que l'a fait M. Mékarski. L'omission de cet élément lui paraît devoir introduire une cause d'erreur que l'on ne saurait négliger.

M. Mékarski reprend la parole pour discuter la comparaison faite par M. Mallet entre les machines à air comprimé et les locomotives à vapeur pour tramways, et l'infériorité alléguée des premières sur les secondes au point de vue de l'économie.

Il remercie d'abord M. Mallet d'avoir bien voulu ne pas le rendre responsable de ce qui a pu être dit d'inconsidéré au sujet de son invention dont quelques personnes ont, à tort, exagéré la portée.

Assurément l'air comprimé, qui n'est pas un nouveau moteur, mais simplement un agent de transmission de la force motrice, n'est nullement destiné à être pour la vapeur un rival et à la remplacer dans les applications auxquelles elle convient bien.

Son rôle doit au contraire souvent être celui d'un auxiliaire permettant d'étendre indirectement l'emploi de la vapeur à un certain nombre d'usages auxquels des circonstances particulières rendent son application difficile.

C'est en se plaçant principalement à ce point de vue que M. Mékarski a songé à faire de l'air comprimé un agent de locomotion mécanique sur les tramways, car il lui avait paru universellement admis et démontré d'ailleurs par de précédents essais, que l'emploi des locomotives ordinaires à l'intérieur des villes rencontrerait les plus sérieuses difficultés.

Il ne s'est toutefois décidé à donner suite à cette idée qu'après avoir acquis la conviction que non-seulement les machines à air comprimé présentaient, pour ce genre de service, des avantages propres incontestables, mais qu'elles seraient au moins aussi économiques, sinon plus, que les petites machines à vapeur auxquelles on pourrait vouloir les comparer.

Il lui est effectivement impossible d'admettre que la dépense de combustible d'une petite locomotive à vapeur, traînant un omnibus sur une voie accidentée, puisse jamais, comme le suppose M. Mallet, être réduite à 2 ou 3 kilog. par cheval, ce qui est à peine la dépense des grandes locomotives

des chemins de fer, fonctionnant dans des conditions de régularité infiniment plus favorables à la bonne utilisation de la vapeur.

On sait que pour des trains de 150 tonnes, marchant à la vitesse moyenne de 40 kilomètres, les allocations de combustible ne sont pas inférieures à 6 kilog. par kilomètre. Dans ces conditions, la résistance au roulement peut être évaluée à 4 kilog. par tonne : le travail utile développé par kilomètre parcouru est donc de 600.000 kilogrammètres, ce qui correspond à environ 2 chevaux-vapeur pendant une heure. C'est donc bien 3 kilog. par cheval que brûlent ces machines.

Quant aux perfectionnements dont elles seraient susceptibles, et grâce auxquels la dépense pourrait être diminuée, emploi de la condensation et d'une plus grande détente, M. Mékarski fait observer que la complication qui en serait la conséquence fait encore aujourd'hui hésiter à améliorer dans ce sens les grandes locomotives; que serait-ce pour de petites machines, dont une des principales qualités doit être une grande simplicité de construction et de marche.

On lui accordera du moins que l'on ne peut, dès à présent, préjuger cette question, et qu'il est équitable de n'établir de parallèle qu'entre des appareils existants et fonctionnant dans des conditions également connues.

Reprenant sur cette base la comparaison faite entre les grandes machines fixes à condensation et longue détente, au moyen desquelles se fera la production de l'air comprimé, et les petites locomotives à vapeur pour tramways, M. Mékarski ne croit pas exagérer en disant qu'à égalité de travail utile, les secondes dépenseront au moins quatre à cinq fois plus de charbon que les premières.

M. Mallet ne conteste pas que dans un puissant générateur la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille brûlée, doive être notablement plus considérable que dans une petite chaudière; il admet qu'elle puisse s'élever, dans le premier cas, à 9 kilog., tandis que dans le second, elle serait de 6 kilog. à 6k.500.

M. Mékarski estime que le chiffre de 9 kilog. est peut-être un peu fort, mais que celui de 6 kilog. est certainement très-supérieur à ce que l'on obtiendrait dans les petites chaudières dont il s'agit.

En outre des causes indiquées par M. Mallet, comme rendant dans ce cas la production de vapeur peu économique, il faut encore tenir compte de la perte de calorique résultant du tirage artificiel que nécessitent les variations si importantes de l'effort de traction.

Il serait fort difficile en effet de maintenir l'équilibre entre la production de vapeur et la dépense lorsque celle-ci varie beaucoup autrement que par le jeu d'un souffleur qui emporte évidemment dans la cheminée un grand nombre de calories.

On peut enfin citer une autre cause de perte existant dans la machine Merryweather au sujet de laquelle M. Mékarski ne peut pas partager l'opinion défavorable exprimée par M. Mallet, car les dispositions défectueuses qu'on reproche à cette machine, touchant la production et l'emploi de la

vapeur, lui paraissent être commandées par le programme à remplir et la condition même des qualités qu'on a dû rechercher en raison du service à faire. Cette cause est le moyen employé pour rendre l'échappement moins apparent et qui consiste à surchauffer la vapeur sortant des cylindres en lui faisant traverser le foyer.

Par tous ces motifs et même en faisant abstraction du dernier, M. Mékarski ne croit pas possible sur une locomotive de tramway d'obtenir plus de 5 kilogrammes de vapeur par kilogramme de charbon brûlé dans le foyer.

Le poids du combustible n'est d'ailleurs pas le seul élément à considérer; il faut encore tenir compte de la nature et du prix relatif de celui qu'il conviendra d'employer pour la petite machine et qui ne peut être de la houille comme pour la grande, car le moins que l'on puisse exiger d'un engin destiné à circuler dans les rues est évidemment de brûler du coke afin de ne dégager que peu de fumée. Or les prix respectifs de la houille et du coke à Paris sont à peu près de 35 fr. et 50 fr. la tonne. En admettant pour la grande machine une vaporisation de 8 kilog., et pour la seconde de 5, le prix du kilogramme de vapeur sera pour l'une de $\frac{0,035}{8} = 0^f,0044$ et pour l'autre de $\frac{0^f.05}{5} = 0^f,01$. La locomotive tramway dépensera donc déjà de ce chef plus de deux fois autant que la machine fixe.

Cherchons maintenant à évaluer le travail produit dans les deux cas par le même poids de vapeur.

M. Mékarski ne conteste pas à ce propos que théoriquement les dimensions absolues d'une machine ne doivent pas avoir beaucoup d'influence sur le coefficient d'effet utile, car il est naturel de supposer que dans deux cylindres de dimensions quelconques mais dont toutes les parties seraient exactement proportionnelles, l'utilisation serait identique. Il convient toutefois de remarquer que toutes les parties frottantes, garnitures de pistons, presse-étoupes, etc., ont proportionnellement plus de hauteur dans les petites machines que dans les grandes, ce qui augmente un peu dans les premières les résistances passives.

Sans attacher d'ailleurs à cette réserve plus d'importance qu'elle n'en comporte, M. Mékarski se bornera à faire ressortir les différences résultant des conditions d'emploi de la vapeur.

Pour rendre la comparaison plus facile et plus concluante il supposera que le générateur de la machine fixe et celui de la locomotive-tramway produisent de la vapeur à la même pression, soit 8 atmosphères absolues ou environ 7 kilog. effectifs.

Dans la machine fixe la détente pourra être portée très-pratiquement au $\frac{1}{10}$ et la contre-pression réduite par la condensation à $\frac{1}{8}$ d'atmosphère.

Le travail net théorique fourni dans ces conditions par un kilogramme de vapeur est de. . . . . 66,700^{km}.



Sur la locomotive, la détente variera entre les valeurs extrêmes que la coulisse ne permet pas pratiquement de dépasser : 0,90 au plus, et 0,30 au moins. La contre-pression étant de $1^{atm},10$, le travail net par kilogramme de vapeur sera de :

pour 0,90 d'admission. . . . . 20,000^{kgm}.
pour 0,30 d'admission. . . . . 36,000^{kgm}.

c'est-à-dire moins du $\frac{1}{3}$ ou un peu plus de la moitié de ce que peut donner la machine fixe.

Encore faut-il remarquer que le dernier résultat, le plus avantageux, ne sera jamais donné par la machine si elle est constituée pour développer une puissance très-variable devant par exemple pouvoir être portée au quadruple de sa valeur normale.

Un écart semblable ne peut pas être obtenu simplement en modifiant le degré de détente. On arriverait à peine ainsi à doubler la puissance. Pour la quadrupler, il faut pouvoir à ce moment faire agir la vapeur sur les pistons à une pression initiale plus élevée que pendant la marche normale, et comme cette pression ne peut être que celle du générateur, il en résulte que sur la plus grande partie du parcours la vapeur doit être *laminée* de façon à n'agir qu'à une pression beaucoup plus faible.

Un calcul fort simple rend bien compte de ce fait.

Soient :

V la capacité utile du cylindre moteur,
v le volume de vapeur introduit,
H la pression de cette vapeur,
h' la contre-pression.

Le travail théorique développé, pour une cylindrée, est :

$$T_m = vH\left(1 + L\frac{V}{v}\right) - Vh' = V\left[H\frac{v}{V}\left(1 + L\frac{V}{v}\right) - h'\right],$$

ou, en posant $\frac{v}{V} = \delta$

$$T_m = V\left[H\delta\,(1 - L\,\delta) - h'\right]. \qquad (1)$$

Pour une autre valeur δ_1, on a :

$$T_{1m} = V\left[H\delta_1\,(1 - L\,\delta_1) - h'\right],$$

$$\frac{T_m}{T_{1m}} = \frac{H\delta\,(1 - L\,\delta) - h'}{H\delta_1\,(1 - L\,\delta_1) - h'}. \qquad (2)$$

Si l'on fait dans cette expression, $\delta = 0.90$ et $\delta_1 = 0.30$, la valeur de H étant, comme nous l'avons supposé, de 8 atmosphères et celle de h' de $1^{at}.10$, on a :

$$\frac{T_m}{T_{1m}} = 1.638.$$

On ne peut donc pas, comme nous l'avons dit, doubler la puissance de la machine en faisant seulement varier l'introduction au moyen de la coulisse.

Pour augmenter le rapport $\frac{T_m}{T_{1m}}$ il faut, ou bien faire δ_1 plus petit que 0.30, c'est-à-dire marcher très-près du point mort, ce qui donne, on le sait, une très-mauvaise utilisation, ou faire varier la pression H au moyen du régulateur en ne l'ouvrant que très-peu pour produire l'effort normal.

Il est facile de déterminer la valeur H_1 pour laquelle le rapport $\frac{T_m}{T_{1m}}$ prendrait une valeur k donnée, soit par exemple $k=4$. On tire effectivement de la formule (2) :

$$\frac{H_1}{H}=\frac{\delta\,(1-L\delta)+(k-1)\frac{h'}{H}}{k\,\delta_1\,(1-L\,\delta_1)}, \qquad (3)$$

et, en faisant les calculs pour $k=4$, δ, δ_1, h' et H ayant les mêmes valeurs que précédemment,

$$\frac{H_1}{H}=0.53.$$

Ce n'est donc pas dans ce cas, pour une pression initiale de 8 atmosphères, mais seulement de $8^{at}\times0{,}53=4^{at}.24$ qu'il faut calculer le travail. On ne trouve plus alors par kilogramme de vapeur et pour 0,30 d'admission que . . . . 26,450 kilogm.

C'est ce dernier chiffre qu'il faut comparer à celui de 66,700 kilogm. trouvé plus haut pour la machine fixe, et on voit qu'à égalité de travail, la dépense de vapeur de celle-ci n'est que les 0,40 de celle de la locomotive.

La production de cette vapeur ne devant coûter, dans la grande machine, que les 0,44 de ce qu'elle coûtera dans la petite, le rapport final entre le prix de revient du travail dans les deux cas est :

$$0{,}44\times0{,}40=0{,}176.$$

Ainsi pour que la locomotive à air comprimé ne soit pas plus dispendieuse que la locomotive à vapeur, il suffit qu'elle restitue utilement 0,176 du travail qu'elle emprunte à la machine fixe. Or, dès à présent, cette proportion est dépassée avec des appareils d'essai dont le rendement ne peut être évidemment considéré que comme le minimum de ce que l'on obtiendrait dans une application industrielle.

M. Mékarski est aujourd'hui en mesure d'affirmer qu'avec des machines établies en vue d'une production importante, le rendement s'élèvera à près de 0,30, ce qui réduira la dépense de combustible par *cheval air comprimé* à environ 5 kilogrammes.

Il a étudié, avec le concours de ses amis et de constructeurs distingués

qui ont bien voulu l'aider de leur expérience et vérifier ses calculs, une disposition de machines de compression dont l'emploi permettra certainement d'arriver à ce résultat.

Cet appareil se composera d'un moteur à deux cylindres, à détente successive et d'une pompe à deux corps à compression graduée installés sur le même bâti, les pistons de la pompe étant montés sur les tiges mêmes des pistons à vapeur. Les manivelles commandant l'arbre du volant seront calées à 90° pour rendre la marche plus régulière, un réservoir de vapeur étant interposé entre les deux cylindres et un réservoir d'air comprimé entre les deux corps de pompe.

L'échauffement de l'air sera combattu par les procédés Colladon employés dans les compresseurs du Saint-Gothard.

L'air aspiré par les pompes sera refoulé dans un réservoir d'accumulation de capacité suffisante où la pression pourra varier entre 20 et 30 atmosphères sans que le travail soit sensiblement modifié. Le chargement des locomotives s'opérera en les abouchant d'abord avec ce réservoir : pour amener ensuite la pression exactement au degré voulu, il suffira d'intercepter quelques instants la communication entre le réservoir et les pompes qui fouleront alors directement dans la locomotive. Un appareil de sûreté ne permettra d'ailleurs pas à la pression de dépasser la limite convenable.

Il a été calculé que, dans ces conditions, la force motrice nécessaire pour charger les machines à 28 atmosphères, en supposant une pression initiale de 3 atmosphères et en tenant compte de toutes les pertes, ne sera pas supérieure à 5 chevaux par mètre cube et par heure.

La consommation de houille garantie sera d'au plus 1k500 par cheval. Le prix du mètre cube d'air comprimé à 28 atmosphères ressortira donc à 7k 500 de houille, soit à raison de 35 fr. la tonne . . . . 0f. 26.

Les chiffres de 28 et de 3 atmosphères ont été choisis à dessein comme étant ceux de la pression la plus élevée à laquelle ait été chargée la voiture en expérience et de la plus faible que l'on ait constatée au retour. Dans les jours les moins favorables, on a dépensé, pour effectuer le parcours entier, 7 kilom. 500, la batterie principale de 1,500 litres et la première réserve de 200 litres, en tout. . . . . 1,700l.

Ce qui représentera dans la pratique une dépense de. . . . . . 0f. 44.

Soit par kilomètre . . . . 0f. 06.

Si l'on évalue le travail en tonnes kilométriques, le poids de la voiture étant de 7,000 kilogrammes, on trouve qu'un mètre cube d'air comprimé fournit au moins. . . . . 31t.k. sur la voie de Neuilly, qui présente de très-fortes courbes et une rampe de 0,020 sur 900 mètres de longueur.

Pour avoir un chiffre indépendant du profil de la voie, il convient de réduire le travail d'ascension sur les rampes en parcours horizontal supplémentaire. Il faut observer, à ce propos, que toute rampe dont l'inclinaison ne dépasse pas le coefficient de

résistance de la voie ne donne pas lieu, dans un parcours aller et retour, à une augmentation de travail, puisque pour la redescendre on peut utiliser complétement la gravité. Il n'y a perte que lorsqu'il faut faire agir les freins en descendant; ainsi, sur une voie résistant à 12 kilogrammes par tonne, il n'y a lieu de tenir compte que des rampes supérieures à 0,012 et pour la différence seulement.

Faisant le calcul de cette façon, on trouve par mètre cube d'air comprimé, sur une voie de tramway, en palier. . . . . . . 35$^{t.k.}$

Au moyen de cette donnée et de celles fournies plus haut sur la dépense des appareils de compression, il est facile de déterminer toutes les conditions d'exploitation d'un service projeté.

Prenons pour exemple une ligne de tramway de 4 kilomètres, dont 600 mètres en rampe de 0,025 et 400 mètres en rampe de 0,030, desservie à 5 minutes d'intervalle.

Il faut compter :

Pour le trajet aller et retour.	8.000^{m}
Pour les rampes $\frac{(600 \times 13 + 400 \times 18)}{12}$.	1.250^{m}
Pour les manœuvres..	250^{m}
Parcours total en palier.	9.500^{m}

Supposant le poids de la voiture de 7 tonnes, le travail pour lequel elle doit être approvisionnée, est de . . . . 66.5$^{t.k.}$
ce qui exigera un réservoir de.. 1900$^{l.}$
Le nombre de départs par heure étant de.. 12
la dépense d'air comprimé sera de. . . . . 22^{m3}.80
Il faudra donc une force motrice de. . . . . 114$^{ch.}$
et la consommation de combustible, sera d'environ.. . . . . . . 170$^{k.}$
par heure.

En regard de ces résultats et bien que, afin de donner plus de généralité à ses raisonnements, M. Mékarski n'ait cru devoir s'appuyer que sur des considérations théoriques pour évaluer la dépense des petites locomotives à vapeur, on ne trouvera pas mauvais qu'il relate, à titre de renseignement, la consommation officiellement constatée de la machine Merryweather, pendant les expériences qui viennent d'en être faites sur la même ligne de Neuilly.

La dépense moyenne a été d'un hectolitre de coke pour 8 kilomètres, soit, par kilomètre, 4^{k}38 valant approximativement. . . . . 0 fr. 22

Ce chiffre élevé, dont M. Mékarski a essayé de donner les raisons, pût-il être réduit de moitié, il resterait encore à l'air comprimé un avantage bien marqué.

Ce point établi, il convient d'examiner la valeur de l'objection tirée du prix de l'installation fixe que l'air comprimé nécessite et des frais d'entretien de tout ce matériel.

M. Mékarski reconnaît que la dépense première semble devoir être plus élevée dans son système que dans tous les autres; ce serait, si cela était tout à fait démontré, un inconvénient à mettre en parallèle avec ses avantages.

Mais il y a lieu de penser que la différence sera bien moins considérable qu'on n'est porté à le croire, car d'une part, les locomotives à air comprimé seront moins coûteuses que les locomotives à vapeur, de l'autre, il en faudra beaucoup moins pour le même service.

On sait, en effet, que neuf fois sur dix ce sont des avaries à la chaudière ou ses dépendances qui mettent une locomotive hors d'usage: avec des pièces de rechange on remet rapidement le mécanisme en état, mais lorsque la chaudière est endommagée, il faut renvoyer la machine à l'atelier de réparations.

Combien de jours de service par an pourront faire sur les tramways, en marchant 16 heures par jour, des machines d'une construction délicate où, en raison des conditions mêmes de production de la vapeur, les coups de feu seront certainement fréquents?

Ce n'est pas trop s'avancer que de supposer qu'il faudra un nombre de locomotives double de celui qui suffirait rigoureusement sans cela. Le prix du matériel de compression sera ainsi compensé en grande partie, sinon en totalité.

Quant aux frais d'entretien, il est évident que les machines fixes et leurs chaudières, fonctionnant dans des conditions de régularité comparables à celles des machines d'alimentation des villes, ne seront pas d'un entretien bien coûteux et que cette catégorie de dépenses ne s'élèvera pas à un chiffre plus élevé que les réparations de toutes les petites chaudières des locomotives à vapeur.

On ne peut davantage arguer contre l'air comprimé du personnel supplémentaire qu'exigera la conduite des machines fixes, car, ainsi qu'on l'a déjà fait observer, il faudra au moins deux hommes sur les locomotives à vapeur, tandis qu'un seul suffira parfaitement sur les machines à air comprimé.

M. Mékarski serait heureux que les explications qu'il vient de donner inspirassent à M. Mallet, une meilleure opinion de la valeur industrielle de l'air comprimé. Il le remercie de lui avoir donné l'occasion d'entrer dans ces détails et lui sait infiniment de gré de la courtoisie qu'il a apportée dans la discussion.

Relativement à l'observation faite par M. Hamers que l'emploi de l'air comprimé conduit à dépenser deux fois du calorique, une première fois pour comprimer l'air et une seconde pour le réchauffer, M. Mékarski reconnaît la parfaite exactitude de cette remarque au point de vue théorique.

Au point de vue pratique, — ainsi que M. Hamers l'a signalé lui-même, — il n'y a pas lieu de se préoccuper beaucoup de cette double dépense, car le calorique employé à réchauffer l'air, bien que fournissant en réalité

tout le travail utilisé, n'entre que pour fort peu de chose dans la consommation totale de combustible.

Ainsi la quantité d'eau chaude qu'emporte la voiture automobile est de 80 litres à une température initiale d'environ 160°. Au retour on retrouve encore 70 litres d'eau à 100°. On dépense donc pour le parcours aller et retour $80 \times 160 - 70 \times 100 = 5800$ calories soit le produit de la combustion d'un kilogramme de houille, tandis que pour charger les réservoirs d'air comprimé avec les appareils qui ont été décrits il faudra en brûler 15 kilogrammes.

Il n'est pas sans intérêt de faire ressortir qu'il existe sous ce rapport entre les machines à air comprimé et les machines à vapeur une analogie incontestable.

Dans les unes et les autres on dépense en quelque sorte en pure perte une grande quantité de chaleur pour obtenir simplement un corps capable de transformer le calorique en travail; c'est. dans les premières, la chaleur employée pour vaporiser l'eau et élever sa température au degré convenable, dans les secondes le charbon brûlé par la machine de compression.

Cela fait, on a un merveilleux outil au moyen duquel chaque calorie dépensée en plus produit un effet mécanique important.

M. Mallet demande à répliquer aux observations de M. Mékarski, mais il le fera d'autant plus brièvement que le débat semble s'être actuellement sensiblement circonscrit; en effet, il s'agit, surtout maintenant, de la consommation des locomotives à vapeur de petites dimensions, que son honorable contradicteur juge toujours devoir être très-considérable, soit 5 à 6 fois celle des très-bonnes machines fixes, la consommation des grandes machines locomotives étant d'après lui d'au moins 3 kilogrammes de charbon par cheval net et par heure.

M. Mallet désire présenter quelques observations sur cette dernière question assez peu connue et en même temps revenir sur celles qu'il a eu l'honneur de présenter à la Société dans la séance du 2 mars, observations qui ont été l'objet d'une contestation de la part de M. Ermel.

Il est très-difficile d'apprécier quelle peut être la consommation de combustible correspondant à la production d'un cheval soit sur les pistons soit à la jante des roues motrices d'une machine locomotive et cela parce que le travail développé pendant un temps suffisant pour apprécier convenablement la dépense de combustible, soit une heure au moins, est essentiellement variable selon les conditions de vitesse, de profil, etc.

M. Mallet, appelé à rechercher les moyens de réduire la consommation dans les machines locomotives a été conduit naturellement à examiner tout d'abord quelle est réellement cette consommation rapportée à l'unité dynamique et cela dans le but de pouvoir faire des comparaisons rationnelles avec d'autres types de machines à vapeur. Il a été surpris de trouver que cette consommation est moindre qu'on ne serait porté à l'admettre *à priori*. Sans pouvoir actuellement poser des chiffres rigoureux, on peut dire que la consommation de combustible est généralement com-

prise entre 2 et 3 kilogrammes par cheval net et par heure[1] et qu'elle s'abaisse parfois même au-dessous de 2 kilogrammes; on peut citer par exemple, des machines qui traînent à une vitesse moyenne de 50 à 55 kilomètres à l'heure sur des lignes sensiblement de niveau des trains de 120 tonnes, moteur compris, et qui ne dépensent pas à l'heure plus de 270 kilogrammes, soit environ 5 kilogrammes par kilomètre; l'effort de traction à 6 kilogrammes par tonne représente 720 kilogrammes et à la vitesse de 15 mètres à la seconde, donne lieu à un travail net à la jante des roues de 144 chevaux, la consommation par cheval net et par heure ne ressortirait donc qu'à $1^k,900$.

Ces résultats assurément remarquables qui confirment la saine théorie de la machine à vapeur, tiennent évidemment au taux généralement élevé de la vaporisation, aux fortes pressions en usage et à la vitesse du fonctionnement qui atténue les pertes de vapeur dues aux diverses causes de refroidissement. S'il est en général assez difficile de donner des chiffres exacts sur la consommation des machines locomotives rapportée à l'unité de puissance, il en est tout autrement au sujet de machines qui ont avec celles-ci la plus grande similitude de fonctionnement, les locomobiles.

M. Mallet a, dans la séance du 2 mars, affirmé contre l'opinion de M. Ermel que la consommation de ces machines était souvent assez faible, aux environs, par exemple, de 2 kilogrammes.

A la première exposition de Londres en 1851, date pour ainsi dire de l'apparition des locomobiles, 11 de ces machines ont été essayées devant le jury; la plus économique (Hornsby) a brûlé $3^k,05$; la moyenne des 11 a été $5^k,62$ et 5^k seulement si on en écarte une dont la consommation exagérée $11^k,70$ accusait évidemment une anomalie; deux ans plus tard au concours de Glocester, une locomobile de Clayton avec cylindre dans la vapeur ne brûlait que $1^k,95$.

Au concours de Cardiff en 1872, dans les essais de machines locomobiles faits avec le plus grand soin par la Société royale d'Agriculture avec épreuve au frein et à l'indicateur, jaugeage de l'eau d'alimentation et pesage du combustible, une machine de Clayton n'a brûlé que $1^k,305$, et la moyenne de sept locomobiles, moyenne considérablement élevée par la présence d'une ou deux très-médiocres machines, a été de $1^k,97$ pour des puissances mesurées au frein comprises entre 7 et 14 chevaux.

Certes on ne peut assimiler ces résultats si remarquables à des résultats obtenus en marche normale; la vaporisation qui a atteint dans un cas $11^k,39$ par kilogramme de charbon, indique un combustible de choix et des soins tout particuliers dans l'alimentation du foyer. (On sait d'ailleurs que les constructeurs anglais ont un personnel de chauffeurs admirable-

1. Un auteur classique en Allemagne, M. Heusinger von Waldegg, dans son ouvrage, *Handbuch für specielle eisenbahn technik*, estime cette consommation à $2^k,3$ ou $2^k,4$ en moyenne.

ment dressé pour les essais officiels). Mais si on considère que la dépense de vapeur par cheval au frein n'a pas dépassé 15 kilogrammes et est descendue à $13^k,6$; on se convaincra de la possibilité de ne pas dépasser beaucoup 2 kilogrammes de consommation de charbon avec une vaporisation moyenne et même médiocre. M. Mékarski a cité le chiffre de 5 kilogrammes de vapeur par kilogramme de coke comme pouvant être obtenu dans une petite locomotive; sans rechercher ici s'il n'est pas possible d'obtenir mieux, il suffit de faire observer que si cette chaudière fournissait de la vapeur à la machine de la locomotive Brown et May du concours de Cardiff, machine n'ayant absolument aucune disposition exceptionnellement avantageuse de fonctionnement, le résultat final aurait été une consommation de $\frac{13.6}{5} = 2^k,72$ de combustible.

Si de ces exemples on passe aux machines de tramways, on peut se convaincre qu'il est possible de rester dans des consommations modérées, si même il n'est facile de les améliorer par l'emploi de la condensation et du système *Compound* ayant pour effet d'avoir des détentes plus longues et surtout plus efficaces.

M. Mallet est heureux d'être d'accord avec M. Mékarski au sujet de la difficulté sinon de l'impossibilité de faire varier notablement la puissance dans les machines à vapeur locomotives du moins telles qu'elles sont disposées *actuellement;* en effet, l'emploi dans ce but d'une variation excessive d'admission par la coulisse, ou l'étranglement par le régulateur entraînent également une mauvaise utilisation de la vapeur.

Mais heureusement il y a un moyen bien meilleur dont n'a pas pu parler M. Mékarski, c'est l'emploi d'une machine *Compound* fonctionnant habituellement avec détente d'un cylindre dans l'autre et dont on fait travailler directement les deux cylindres lorsqu'on veut momentanément accroître beaucoup la puissance.

Des locomotives pour chemin de fer ordinaire basées sur ce principe sont actuellement en construction; le but qu'on se propose de réaliser, outre la réduction de la dépense de combustible est précisément celui dont a parlé M. Mékarski; ces machines n'auront à faire habituellement qu'un travail assez modéré; mais il faut à un moment donné développer pendant peu de temps une grande puissance. Établir les machines pour le travail exceptionnel et les faire fonctionner le reste du temps à pression ou introduction très-réduite eût conduit à de très-mauvaises conditions de fonctionnement. On a préféré donner à ces machines un grand et un petit cylindre, les faire travailler habituellement à détente d'un cylindre dans l'autre et dans le cas du travail considérable à développer faire fonctionner les deux cylindres à admission et échappement directs. Il est bon de faire remarquer que, si dans ce dernier cas la dépense de vapeur est beaucoup augmentée, le nombre des échappements se trouve doublé et la production de vapeur par conséquent bien plus active.

M. Mallet exprime à M. Mékarski le désir de le voir relever des diagrammes d'indicateur sur les cylindres de sa machine, ce sera le véritable moyen de jeter un jour suffisant sur la question tandis qu'on est jusqu'ici réduit à des approximations sur le chiffre du travail réellement développé. M. Mékarski en citant le travail net de 400 000 kilogrammètres par mètre cube d'air comprimé a indiqué que ce travail monterait probablement à 6 ou 700 000 kilogrammètres sur les pistons. M. Mallet pense qu'on s'exagère généralement l'absorption de travail par les résistances propres des mécanismes. Au concours de Cardiff, on a trouvé que le *rendement organique*, c'est-à-dire le rapport du travail sur l'arbre au travail sur le piston était de 80 à 85 pour 100; toutes les autres observations faites sur ce sujet confirment parfaitement ces chiffres, mais dans les machines locomotives les résistances propres du mécanisme sont notablement moindres parce que les frottements des essieux dans les boîtes à graisse sont déjà comptés dans la résistance de la machine considérée comme véhicule; il ne semble donc pas que la résistance propre d'un mécanisme ordinaire de locomotive doive dépasser 10 à 12 pour 100, du moins dans de bonnes conditions d'établissement et d'entretien.

Le travail brut par mètre cube d'air comprimé serait donc au plus de $400\,000 \times \frac{1}{0,88} = 455\,000$ kilogrammètres au lieu de 6 à 700 000.

M. Mallet n'a eu jusqu'ici en vue que les machines à production directe de vapeur; si on emploie l'eau chaude, la question se simplifie en ce qu'on a pour varier la puissance les mêmes facilités qu'avec l'air comprimé au moyen du détenteur manœuvrable à la main et que de plus on peut employer la condensation sans se préoccuper des moyens d'assurer un tirage suffisant pour une combustion assez vive.

M. Mallet a plusieurs fois déjà parlé avec faveur de l'emploi de l'eau chaude, il ne sait pas ce que les machines de ce système ont jusqu'ici donné en pratique. Mais il est bien convaincu que si les résultats n'ont pas été ce qu'on attendait, la faute en est non pas au principe mais à l'application.

Un mètre cube d'eau chaude est un réservoir de calorique et par suite de puissance comme un kilogramme de charbon et il n'est pas douteux qu'on arrive à utiliser l'un comme l'autre, les progrès successifs de la machine à vapeur depuis bientôt cent ans doivent donner toute confiance à cet égard.

M. Mékarski se félicite d'avoir donné à M. Mallet l'occasion de développer sur une question d'un aussi grand intérêt que celle de la bonne utilisation de la vapeur des vues assurément fort dignes d'attention.

Relativement au désir exprimé par M. Mallet de voir relever sur la machine à air comprimé au moyen de l'indicateur de Watt des diagrammes exacts du travail produit, il prend volontiers l'engagement de faire ces essais dont ses amis et lui comprennent parfaitement l'utilité et qui au-

raient eu lieu déjà si des personnes d'une grande autorité scientifique n'avaient exprimé le désir qu'il y fût procédé en leur présence.

Il n'a pas d'objection à faire contre les avantages du système Compound : il fait seulement observer qu'on ne peut tirer de ce qui a été dit à ce sujet par M. Mallet rien qui puisse modifier les bases de comparaison entre son système et les locomotives à vapeur, car si la disposition Compound appliquée à celles-ci doit avoir pour effet de réduire sensiblement la dépense de vapeur, elle pourra évidemment aussi être employée sur les machines à air comprimé pour obtenir un résultat correspondant.

M. Mékarski ne retiendra donc, dans ce que vient de dire M. Mallet, que ce qui est relatif au système à eau chaude, basé sur un principe analogue à celui de l'air comprimé et auquel beaucoup de personnes inclinent, comme M. Mallet, à donner la préférence en raison de la quantité de travail beaucoup plus considérable qu'il semble théoriquement possible d'emmagasiner par ce procédé sous un volume donné.

Si effectivement on admet que la température initiale de l'eau soit assez élevée pour que le dixième de cette eau se vaporise dans les limites de fonctionnement convenables, il suffit théoriquement de 250 litres d'eau chaude pour fournir le poids de vapeur susceptible de produire le même travail qu'un mètre cube d'air comprimé à 25 atmosphères.

Mais, ainsi qu'il arrive parfois, la théorie est ici loin d'être confirmée par la pratique, et les résultats, obtenus jusqu'à présent, diffèrent considérablement de celui qui vient d'être énoncé.

Ainsi à la Nouvelle-Orléans, où des locomotives de ce système dites *sans foyer*, ont été pour la première fois mises en pratique (*) et font depuis assez longtemps un service régulier entre la ville et le bourg de Carrolton, le parcours qu'elles effectuent avec un réservoir de 1,600 litres, sur une voie parfaitement de niveau, n'est que d'environ 8 à 9 kilomètres.

La machine qui est actuellement en cours d'expériences à Paris, sur le boulevard Bineau, et dont le réservoir a une contenance de 2,000 litres n'a essayé jusqu'ici qu'une seule fois de parcourir la distance de 4 kilomètres qui sépare son garage de l'église Saint-Augustin. Pour le retour il a fallu faute de pression, laisser à Saint-Augustin l'omnibus qu'elle traînait et aider la locomotive à gravir la rampe du boulevard Malesherbes.

Une troisième machine, d'un type différent, constituant comme la machine à air comprimé une voiture automobile et construite avec le plus grand soin, est depuis quelque temps en expériences à Verviers (Belgique). Avec un réservoir de 1,400 litres elle ne fait pas plus de 6 kilomètres.

Il semble donc acquis que le volume d'eau chaude nécessaire à ces appareils est le même que celui d'air comprimé à 25 atmosphères qu'exige le même parcours.

Dès lors il est évident que tant sous le rapport du poids mort que de la

(*) On sait d'ailleurs que l'idée de ce mode d'emploi de la vapeur est déjà fort ancienne et a été émise depuis longtemps en France, dans des cours publics.

facilité d'installation des réservoirs sur la voiture, l'avantage reste à l'air comprimé.

Il faut observer, en outre, que la suppression du foyer ne fait disparaître qu'une partie des incommodités de la machine à vapeur. L'échappement de vapeur qui en est une des plus sérieuses, à cause des accidents qu'il peut déterminer, en effrayant les chevaux, est, au contraire, beaucoup plus abondant encore sur les machines à eau chaude que sur celles à foyer, ce qui tient à ce que la vapeur produite de cette façon entraîne une quantité d'eau considérable.

L'application du système sous la forme de voitures automobiles ne présente pas non plus toutes les garanties désirables pour la sécurité des voyageurs, car la simple rupture d'un joint déterminerait une abondante effusion de vapeur qui pourrait avoir de très-fâcheuses conséquences. On comprend aussi quels embarras un accident semblable survenant sur une voie publique fréquentée, causerait dans la circulation.

Enfin le réchauffement à une haute température d'un volume d'eau important sera toujours une opération infiniment plus lente, que le chargement d'un réservoir d'air comprimé.

Il est permis de se demander si, en regard de ces inconvénients, ce système présente des avantages suffisants pour en motiver l'emploi.

M. Mékarski adresse en terminant, ses remerciements à tous les honorables membres qui ont bien voulu faire une étude approfondie de la question qu'il a eu l'honneur de soumettre à la Société, et exprime à M. le Président sa reconnaissance pour l'accueil sympathique qui a été fait à son invention.

M. le Président répond à M. Mékarski qu'il a pensé, en effet, devoir faire un accueil très-favorable à une invention qui réalisait des progrès très-heureux dans l'emploi de l'air comprimé appliqué à la locomotion, et appeler sur elle une discussion approfondie qui en fasse ressortir les qualités comme les imperfections.

Les débats théoriques qui ont eu lieu depuis plusieurs séances, après avoir révélé les combinaisons et les résultats sérieux du mode de réchauffage imaginé par M. Mékarski, laissent encore à décider entre sa machine et la machine à vapeur, aux points de vue de l'économie et de la sécurité de la circulation qui sont les deux questions dont l'industrie pratique exige une bonne solution. L'expérience prononcera en dernier ressort.

M. le Président sait que des essais de tramways avec moteurs à vapeur se poursuivent avec persévérance; il espère que la Société en sera entretenue, et que de son côté, M. Mékarski voudra bien la tenir au courant de ce qu'il fera dans l'avenir.

MM. Le Page, Leseur, Mohr et Ozanne ont été reçus membres sociétaires.

ÉTUDE PRATIQUE

SUR

L'ÉTABLISSEMENT ET L'EXPLOITATION

DES

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE

DE LAUSANNE A ÉCHALLENS (SUISSE)

ET DE

TURIN A RIVOLI (ITALIE)

PAR M. **JOYANT**, Ingénieur de la Compagnie de l'Est,

ET M. **GEORGES DUMONT**, Sous-Inspecteur de la Compagnie de l'Est.

En remettant cette note nous répondions à l'appel que l'un des membres de cette Société avait adressé à ses collègues en les priant de communiquer tous les documents qui pourraient servir à étudier la question à l'ordre du jour des chemins à voie étroite. Mais comme depuis la rédaction de notre note, M. Dumon inspecteur général des ponts et chaussées en Belgique, a adressé à son gouvernement le compte rendu d'une mission ayant pour but l'étude des chemins économiques construits jusqu'ici en Europe, je vous demanderai la permission de compléter les renseignements fournis par notre première note en analysant rapidement le travail intéressant de cet ingénieur et en vous présentant à ce sujet quelques considérations générales.

Nous pensons que ces renseignements complémentaires auront d'autant plus d'intérêt pour vous que le rapport de M. Dumon ne se trouve pas dans le domaine public.

M. Dumon divise les chemins économiques en trois catégories :

1° Les chemins secondaires ou d'intérêt local à voie normale de 1m.45.

2° Les chemins à traction de chevaux ou tramways.

3° Les chemins à voie étroite desservis par des locomotives.

C'est de cette dernière catégorie de chemins dont nous nous occupons ici.

Une notice publiée dernièrement par M. Level fait ressortir d'une manière très-remarquable les avantages que les concessionnaires de pareilles lignes pourraient retirer de l'emploi d'une voie étroite établie avec de petits rails et sur laquelle circulerait, un petit matériel, beaucoup mieux approprié aux besoins et à l'importance du trafic.

Au point de vue économique, il n'est pas douteux que l'établissement de ces chemins dans les conditions que nous venons d'indiquer présente de grands avantages sur ceux qui sont construits suivant le type des grandes lignes.

M. Level est même porté à croire que, dans ce cas, les grandes Compagnies considérant ces chemins comme des affluents apportant à la ligne principale les produits de la contrée, au lieu de chercher à lui faire concurrence, leur donneraient leur concours et souvent même un appui financier.—L'auteur, directeur de plusieurs Sociétés locales dans le Nord, cite les diverses circonstances dans lesquelles la Compagnie du chemin de fer du Nord, après avoir vérifié les projets et s'être rendu compte du trafic probable, a fourni à la Compagnie concessionnaire le capital — obligations à des conditions avantageuses.

Grâce à cet appui financier, les Compagnies d'intérêt local, n'ayant plus à s'adresser pour l'émission de leurs obligations à des institutions de crédit, ont vu diminuer leurs charges d'intérêt et ont par le fait reçu l'équivalent d'une véritable subvention kilométrique.

Nous n'insisterons pas davantage sur les conditions d'établissement de ces lignes au point de vue économique.

Nous laisserons également de côté l'étude générale des conditions d'établissement de ces chemins, ce sont là, en effet, des questions qui ont été étudiées avec soin, surtout, pour le réseau suédois, comprenant, comme on le sait, 19 pour 100 de lignes à voie étroite.

Mais si les conditions d'établissement des chemins à voie étroite commencent à être suffisamment connues, en tant que travaux, il est loin d'en être ainsi pour les conditions d'exploitation de ces chemins.

En effet, hormis les chemins suédois et un chemin anglais que nous étudierons plus loin, la plupart des chemins à voie étroite établis en Suisse, en Italie, en Allemagne et en France, et servant aux transports publics, n'étant qu'au début de leur exploitation, on ne peut avoir que

des résultats incomplets, et on ne peut tirer, par suite, de ces résultats que des conclusions fort sujettes à caution.

Ainsi en Suisse, les deux seuls chemins de fer à voie étroite en exploitation sont : celui de Lausanne à Échallens, qui n'a été complétement ouvert que le 2 juin 1874 et celui de Winkeln par Hérissau à Appenzell, dont la première section a été livrée à l'exploitation à la fin du printemps dernier.

En Italie, il existe aussi 2 chemins à voie étroite; le seul d'entre eux qui ait un service public, celui de Turin à Rivoli fut livré à l'exploitation en 1871. On ne peut donc raisonner que sur les résultats fournis par les trois premières années d'exploitation; encore les installations de gares ne sont-elles pas entièrement terminées aujourd'hui.

En Allemagne, le seul chemin public à voie étroite, celui du Broelthal dans la Prusse rhénane, existe il est vrai depuis 1864, mais M. Dumon déclare ne pas connaître les résultats complets de l'exploitation de ce chemin.

Enfin en France, nous ne connaissons qu'un seul chemin de fer public à voie étroite; c'est celui de Lagny à Villeneuve-Le-Comte, qui est entré en exploitation à la fin de 1872, dont le but principal, en attendant son prolongement jusqu'à Mortcerf, est plutôt de relier des carrières importantes de meulières à la Marne que de desservir la contrée qu'il traverse.

On comprend donc la difficulté que rencontrent les ingénieurs à évaluer actuellement les dépenses d'exploitation des chemins de fer à voie étroite. Ces dépenses dépendent du reste d'une foule de circonstances particulières;

Ainsi on signale généralement comme un des graves inconvénients de ces chemins la nécessité du transbordement au point de jonction avec les lignes à voie normale.

« Si les frais capitalisés de ce transbordement dépassaient, dit « M. Dumon, ou égalaient seulement l'économie réalisée dans la « construction et l'exploitation par la voie étroite sur la voie normale, « il faudrait sans aucun doute préférer cette dernière. Mais si, au con- « traire, ces frais n'entrent que pour une part insignifiante dans les « dépenses d'exploitation, il est évident que l'on ne doit pas se servir « de ce prétexte pour condamner les chemins à voie étroite. »

Or dans son rapport, cet ingénieur, après avoir examiné ce qui se passe à cet égard, en France, en Angleterre, en Belgique et en Suède,

établit que ces frais de transbordement se réduisent à peu de chose, et que, répartis sur toute une ligne, ils n'affectent pas d'une manière sensible le prix du transport et peuvent même s'annuler complétement, si on emploie des engins spéciaux pour opérer ce travail.

Cette première objection écartée, l'auteur examine l'opération du transbordement au point de vue de la dépréciation que le changement de wagon fait éprouver à certaines marchandises, et il reproduit à cet égard les raisons données par M. Level pour réduire cette objection à sa juste valeur.

Il ajoute que, d'après ses propres informations, la perte occasionnée réellement par le transbordement de la houille par exemple, varie de 1 à 3 pour 100 seulement. Les conséquences du transbordement ne sont donc à aucun point de vue de nature à causer une influence fâcheuse sur l'exploitation de ces chemins.

Nous ne voyons pas du reste ce qui empêcherait de construire pour les chemins à voie étroite un matériel spécial permettant de renfermer, par exemple, dans des caisses les marchandises craignant le transbordement, de manière à pouvoir enlever rapidement ces caisses au moyen de grues et à les placer directement sur les wagons ordinaires à la gare de jonction. On éviterait de cette manière tous les inconvénients d'une manutention s'exerçant sur la marchandise elle-même.

Du reste, en opérant ainsi, on ne ferait que généraliser un mode de transports déjà usité en France pour certaines marchandises délicates telles que les calicots, verreries, charbons de bois, etc., etc. On sait que ces marchandises spéciales sont enfermées dans des caisses à claire-voie par l'expéditeur lui-même. Ces caisses construites de façon à se décomposer en un certain nombre de colis présentant un volume aussi restreint que possible arrivent ainsi chez le destinataire sans que la marchandise ait eu à subir la moindre manipulation.

En Allemagne on s'est préoccupé de cette grave question du transbordement et nous trouvons dans le journal l'*Organ* la description d'un système de transbordement que je vous demanderai la permission de décrire très-rapidement sans le discuter.

Il est bon de remarquer que la Commission technique de la Société allemande des chemins de fer accepte dans son étude sur la formation des chemins de fer secondaires des largeurs de voie variant de $1^{m}.00$ à $0^{m}.75$ et ne pouvant descendre à $0^{m}.60$ que dans des cas tout particuliers.

Il en résulte pour les dimensions des wagons devant circuler sur ces voies réduites des chiffres déterminés.

Ainsi en admettant un tonnage de 200 quintaux (10^t) pour le corps d'un wagon à voie normale, le tonnage d'un wagon circulant sur des voies de 1^m.00, 0^m.75, et 0^m.60 de largeur sera respectivement de 100 quintaux ; 50 quintaux et 20 à 30 quintaux.

Les dimensions de ces véhicules seraient les suivantes :

LARGEUR DE LA VOIE.		DIMENSIONS DES VÉHICULES.		
		Longueur.	Largeur.	Hauteur.
	m.	m.	m.	m.
Voie normale...	1.435	5.25	3.00	1.00
Voies réduites..	1.000	3.00	2.50	1.00
	0.750	2.50	1.45	1.00
	0.600	1.50 à 2.50	0.90	1.00

Les wagons construits en fer doivent, d'après M. Waldegg, auteur du système proposé, être indépendants de leur châssis.

Les caisses mobiles reposent sur des galets et peuvent être roulées avec facilité sur les châssis des wagons à largeur de voie normale.

Deux de ces caisses forment (pour une largeur de voie de 1^m.00) le chargement complet d'un wagon à largeur de voie normale.

Quatre de ces caisses forment (pour une largeur de voie de 0^m.75) le chargement d'un wagon ordinaire — et ainsi de suite.

Les rails de la ligne à voie étroite sont placés perpendiculairement à ceux de la voie normale et présentent sur ces derniers le surhaussement nécessaire pour que les planchers des deux wagons soient au même niveau.

Pour placer la caisse qui forme le corps du petit wagon sur le plancher du wagon de la voie normale, on commence par disposer deux petis ponts en fer double T. Cela fait, deux hommes au plus poussent la caisse pesant 100 quintaux et montée sur des galets.

Cette caisse est ensuite fixée sur le châssis du wagon ordinaire au moyen de quatre boulons munis de clavettes et traversant latéralement la caisse et le châssis.

Pour opérer le transbordement d'une deuxième caisse sur le même wagon on fait rouler le châssis vide sur les rails, jusqu'au changement de voie, et de la, sur la voie de garage.

On amène sur la voie du transbordement un deuxième wagon et on

opère comme nous venons de l'expliquer, après avoir fait avancer le wagon en chargement à la place convenable.

Nous n'insisterons pas davantage sur la construction des caisses mobiles, nous nous contentons de signaler le principe des caisses indépendantes qui, d'après l'auteur du projet, peuvent servir à toute espèce de transport même à celui du bétail.

Les houilles, les minerais et produits bruts sont déchargés à la pelle par les portes situées à la partie antérieure des caisses.

Pour toutes les autres marchandises on admet le déchargement à la grue par les grandes ouvertures pratiquées à la partie supérieure des caisses; des toiles imperméables sont étendues sur ces caisses pour préserver les marchandises de la mouille.

Pour plus de détails nous renvoyons au journal l'*Organ* (voy. cahier 1875), d'où nous avons extrait ces divers renseignements.

Une seconde cause de frais dans l'exploitation des chemins à voie étroite résulte de l'établissement même du chemin et de la plus ou moins grande déclivité de son profil.

Il est indispensable d'examiner l'influence exercée par les pentes sur le coût des transports, pour arriver à l'établissement de tarifs rationnels et suffisamment rémunérateurs.

Cette question a été étudiée en Suisse où l'on se trouve dans l'obligation de tolérer d'assez fortes déclivités.

On comprend que si on adoptait partout le même tarif de transport, les résultats d'exploitation seraient totalement différents pour deux lignes qui, ayant le même trafic, seraient établies, la première en plaine, la deuxième en montagne; ou même pour deux lignes qui, possédant la même déclivité, auraient la première tout son trafic dans le sens de la montée, la seconde dans le sens de la descente de ce profil.

Le Gouvernement fédéral suisse, ayant parfaitement compris l'importance de cette question d'établissement des taxes, a déterminé en 1873 les coefficients par lesquels il convient de multiplier la taxe normale pour obtenir la taxe applicable à une déclivité déterminée; à l'aide de ces données on peut, en multipliant la taxe normale de chaque voyageur par le coefficient correspondant à chacune des pentes de la ligne, obtenir la taxe majorée pour cette pente, faire la moyenne des taxes ainsi obtenues et prendre cette moyenne comme taxe d'application sur la ligne entière.

Dans le cas où un chemin est établi, partie en vallée, partie en montagne, la ligne en vallée aide ainsi à supporter et à compenser le coût de celle en montagne.

Les tarifs établis sur ces bases nouvelles ont été introduits dans les cahiers des charges de toutes les nouvelles concessions de lignes à fortes pentes à ouvrir ou simplement concédées.

M. Dumon dit que les tarifs du chemin de fer du Saint-Gothard seront calculés de la même manière.

Les coefficients ont été déterminés de la manière suivante :

On part du principe que la taxe à appliquer au transport doit servir à payer :

1° Les intérêts du capital de construction, qui augmente en raison des fortes pentes;

2° Les frais généraux d'exploitation divisés en frais constants et en frais variables augmentant en raison de la pente.

Ces derniers portent sur les fournitures d'huile, de charbon, etc., le personnel et l'entretien du matériel roulant.

En adoptant comme coefficient d'adhérence une valeur moyenne de 1/6 et calculant les efforts de traction en admettant pour :

La résistance de la locomotive. . . . . . 10 kil. par tonne.
La résistance des wagons. . . . . 5 »
La résistance due à l'action de la gravité. 1 kil. par tonne et par millimètre de déclivité.

On obtient le tableau des coefficients d'augmentation pour des pentes variant de 0m.01 à 0m.05 centimètres par mètre.

On a considéré cette dernière rampe comme un maximum, les charges remorquées par des machines sur des rampes supérieures étant excessivement faibles, surtout en temps de brouillard.

Après avoir appelé l'attention de la Société sur cette méthode rationnelle et ingénieuse d'établir les tarifs des chemins à voie étroite, nous donnerons les renseignements suivants sur la construction et l'exploitation des lignes de Lausanne à Échallens (Suisse) et de Turin à Rivoli (Italie).

LIGNE DE LAUSANNE A ÉCHALLENS.

La Compagnie du chemin de fer de Lausanne à Échallens avait d'abord songé à appliquer le système Larmanjat, mais le décret de concession réservait à la Compagnie le droit de substituer au chemin à un seul rail un chemin de fer à deux rails et à voie étroite.

C'est ce dernier système qui a définitivement prévalu.

La Société anonyme formée pour la construction et l'exploitation de la ligne sous la dénomination de Compagnie du chemin de fer de Lausanne à Échallens pour une durée de 99 ans à dater de la mise en exploitation a été constituée au capital de 800,000 francs.

Ce capital se compose de 1,600 actions au porteur, savoir :

1° 1000 actions privilégiées de 500 francs chacune et libérables par suite de versements réels. Ces actions doivent recevoir 7 pour 100 des versements opérés avant toute participation des actions de 2e classe.

2° 600 actions de 2e classe de 500 francs chacune, souscrites par l'État de Vaud. Ces actions seront délivrées à l'État à des époques fixées par la convention ; elles participent aux bénéfices de la Société au même titre que les actions de 1re classe, après le payement fait à ces dernières des 7 pour 100, et l'amortissement du matériel fixe et roulant.

Dans le cas actuel la subvention de l'État se monte ainsi à 300,000 fr. payée de la manière suivante :

a) 2/5 après reconnaissance de la ligne et au bout d'un mois d'exploitation régulière.

b) 3/5 soldés en trois annuités. A partir de l'époque du premier payement ces 3/5 restants produisent un intérêt de 4,50 pour 100 en faveur de la Compagnie jusqu'à complet payement.

Nous croyons devoir appeler l'attention de la Société sur la manière dont l'État prend part à l'entreprise. C'est, en effet, un nouveau mode, inconnu en France, de subventionner une petite Compagnie.

Grâce à ce système, la Compagnie reçoit de l'État une somme considérable, et n'indemnise ce dernier des sacrifices qu'il a faits ainsi en sa faveur que lorsque ses bénéfices permettent de distribuer aux actionnaires des dividendes satisfaisants.

La Société, qui est autorisée à fonctionner dès que le chiffre de la

souscription a atteint 500,000 francs, peut d'ailleurs augmenter son fond social dans le but de construire des embranchements ou des prolongements ou pour acquérir ou exploiter d'autres lignes après approbation des actionnaires et autorisations du Conseil d'État.

Enfin elle peut contracter des emprunts par obligations sous la réserve que le chiffre de ces emprunts ne dépassera pas le capital effectivement réalisé en actions.

L'administration de la Société est confiée à un conseil formé de six membres au moins et de neuf au plus, nommés par l'assemblée générale des actionnaires et remplacés par voie de tirage au sort à raison de deux par an.

Cette assemblée générale est formée de toutes les personnes possédant au moins une action privilégiée ou deux actions de seconde classe. La possession d'une action privilégiée ou de deux actions de seconde classe donne droit à une voix; le nombre total des voix représentées par un actionnaire ne pouvant d'ailleurs dépasser dix.

Le service financier de la Compagnie s'établit de la manière suivante:

Les bénéfices de l'entreprise, après déduction des frais d'exploitation et de l'intérêt des emprunts, sont répartis :

1° 5 pour 100 pour la formation d'un fond de réserve;

2° 10 pour 100 aux administrateurs;

3° 5 pour 100 aux employés (à la condition que les administrateurs et les employés ne toucheront leur part des bénéfices que lorsque les actionnaires de 1re classe auront à recevoir au moins les 4 pour 100 de leurs versements);

4° 80 pour 100 aux actionnaires, sous retenue de ce qui aura été jugé nécessaire pour constituer le fond d'amortissement du matériel fixe et roulant, et dont le taux doit être fixé au bout de quatre ans d'exploitation de concert avec le conseil d'État.

Nous avons indiqué ci-dessus les principales dispositions qui ont présidé à la constitution et à l'organisation financière de la Compagnie afin de donner des indications utiles aux compagnies du même genre qui pourront se former en France.

TRACÉ ET CONSTRUCTION DE LA LIGNE.

Nous indiquerons ci-dessous les principales conditions prescrites par le cahier des charges techniques, et les travaux exécutés par la Compagnie.

Le cahier des charges techniques, prévu dans la convention qui accompagne le décret de concession contient les prescriptions générales suivantes :

Le tracé indiqué d'une manière générale doit être soumis définitivement à l'autorité supérieure pour des tronçons d'une longueur d'au moins trois kilomètres, et doit comprendre l'indication des gares, ouvrages d'art, déviations de routes, de chemins et cours d'eau, ainsi que les limites de l'entreprise. Le concessionnaire doit obtenir des autorités communales le droit de passage dans l'intérieur des villes et villages.

Il est stipulé que toutes les déviations de la route nécessitées par l'établissement de la voie ferrée seront à la charge de la Compagnie.

La ligne part de Lausanne, de l'ancien cimetière de Saint-Laurent, que la Compagnie a loué à la commune de Lausanne.

La voie est établie sur le côté gauche de la grande route de Lausanne à Échallens, depuis son point de départ jusqu'à Prilly. En cet endroit elle subit une déviation de 250 mètres et regagne ensuite la route où elle se maintient jusqu'à Romanel.

A cette dernière station, la ligne subit une nouvelle déviation de 630 mètres et prend le côté droit de la route qu'elle conserve jusqu'à Étagnières, après s'en être écartée de 850 mètres à Cheseaux.

Enfin aux stations suivantes, d'Assens et d'Échallens, on remarque des déviations qui sont respectivement de 1 100 et de 600 mètres.

Les stations au nombre de 8 sont aux distances suivantes :

1° Lausanne.	
2° Prilly.	2 170 mètres.
3° Jouxtens..	1 080
4° Romanel.	1 690
5° Cheseaux.	2 440
6° Étagnières..	2 040
7° Assens.	1 400
8° Échallens.	3 330
Soit une distance totale de.	14 150 mètres.

On doit relier la gare de Lausanne avec le chemin de fer d'Ouchy et la gare de la Suisse occidentale, mais cette prolongation, indispensable pour développer le service des marchandises, exige des dépenses trop

considérables qui motivent l'ajournement de ce projet jusqu'à ce que la ligne ait été prolongée au delà d'Échallens.

Le cahier des charges fixe les rayons minimum des courbes à :

100 mètres dans les parties en pleine voie;
60 — dans les stations.

Il est en outre prescrit que les courbes en sens inverse devront être raccordées par un alignement droit d'au moins 30 mètres, et dans les endroits seulement où un plus grand alignement occasionnerait une notable augmentation de dépenses.

En exécution nous voyons que la plus petite courbe a un rayon de 60 mètres et une longueur de 65 mètres.

Voici du reste le tableau donnant la longueur des alignements et des courbes :

DÉSIGNATION DES PARTIES, EN ALIGNEMENT ET EN COURBE.	LONGUEUR TOTALE.	PROPORTION POUR CENT DE LA LONGUEUR TOTALE.
Alignements	9587^m	68 %
Courbes de plus de 100 mètres de rayon.	4353	30
Courbes de 100^m de rayon et au-dessous.	240	2
Longueur totale de la ligne	14180	100

La Compagnie est restée libre d'adopter dans son tracé les rampes qu'elle a jugé convenables, à la seule condition de pouvoir faire circuler ses trains à la vitesse de 19 kilomètres à l'heure (arrêts non compris).

Nous donnons ci-dessous la longueur totale des parties en palier en pentes ou en rampes, et leur proportion pour cent de la longueur totale de la ligne :

DÉSIGNATION DES PARTIES, EN PALIERS, PENTES OU RAMPES.	LONGUEUR TOTALE.	PROPORTION POUR CENT DE LA LONGUEUR TOTALE.
Paliers	1184^m	8,4 %
Déclivités inférieures à 0^m.015. P.M.	7186	51,6
Déclivités de 0^m.015. P.M. et au-dessus.	5810	40,0
Longueur totale de la ligne	14180	100,0

En ce qui concerne l'établissement de la voie, les travaux d'art et les terrassements :

Toutes les fois que la ligne sera établie sur la route, la largeur laissée

disponible pour la circulation ordinaire (non compris les fossés, talus et trottoirs) est fixée à 5m.40, et dans certaines parties à 7m.20.

La largeur de la plate-forme doit être de :

2m.10 à la surface inférieure du ballast pour les terrassements établis sur la route ;

3 mètres entre les arêtes des fossés ou des talus en remblai, quand ces terrassements seront en dehors de la route, et non compris la largeur des fossés pour les parties en déblai.

Les profils types adoptés dans les différents cas énumérés ci-dessus, ont les dimensions principales suivantes :

1° *Voie établie sur la route quand celle-ci est en remblai :*

Largeur disponible pour la circulation ordinaire.	5m.40
Largeur de la voie et du ballast (ce dernier ayant 2 mètres de largeur au niveau du rail et 0m.30 d'épaisseur).	2 .60
Banquettes du côté opposé à la route.	0 .20
Total..	8m.20.

2° *Voie établie sur la route quand celle-ci est en déblai :*

Largeur disponible pour la circulation ordinaire.	5m.40
Largeur de la voie et du ballast.	2 .60
Largeur du fossé du côté de la route.	0 .75
Total..	8m.75.

3° *Voie établie hors de la route et en remblai :*

Largeur de la voie et du ballast (ce dernier ayant 2 mètres de largeur au niveau du rail et 0m.30 d'épaisseur)	2m.60
Largeur des banquettes établies de chaque côté de la plate-forme.	0 .40
Total..	3m.00.

4° *Voie établie hors de la route et en déblai :*

Largeur du ballast.	2m.60
Largeur des banquettes établies de chaque côté de la plate-forme..	0 .40
Largeur des fossés (0m.50 chacun)	1 .00
Total..	4m.00.

Les talus ont une inclinaison de 2 mètres de hauteur sur 3 mètres de base.

L'écoulement des eaux se fait au moyen de rigoles ménagées entre les traverses.

Les cahiers des charges indique les conditions d'établissement des talus, fossés perrés, travaux d'assainissement, etc., et les prescriptions relatives au dressement et semis des talus, tassements des remblais; à la construction des murs de soutènement et de revêtement.

Il ne contient rien de particulièrement intéressant à ce sujet.

Il stipule que les plans et les types de tous les ouvrages d'art seront soumis au contrôle de l'État de Vaud.

Il indique enfin les prescriptions relatives à la qualité et à la nature des matériaux employés.

En ce qui concerne la voie, il est stipulé que le ballast aura une épaisseur de 0^{m}.30 depuis la plate-forme jusqu'à sa partie supérieure, et que cette épaisseur sera portée à 0^{m}.50 dans les tranchées en glaise humide ou en rocher et dans les terrains marécageux.

La voie dont la largeur est fixée à un mètre entre les bords intérieurs des boudins des rails, devait être construite avec des rails Vignole pesant 29 kilogrammes par mètre courant, ayant une longueur de 4^{m}.60 à 6^{m}.40, et réunis entre eux au moyen d'éclisses fixées par 4 boulons de 0^{m}.016 au moins de diamètre.

En réalité, les rails pèsent 28^{k}.900 par mètre courant et ont une longueur variant entre 6^{m}.30 et 6.40. Ils proviennent du chemin de fer Fell au Mont-Cenis.

D'après M. Dentan, chef du service de l'exploitation de la Compagnie, leur poids pourrait être réduit sans inconvénient à 20 kilogrammes le mètre courant.

La voie est établie sur des traverses écartées au maximum de 1^{m}.30 d'axe en axe; pour les traverses placées des deux côtés du joint, cet écartement se réduit à 0^{m}.60. Leurs dimensions fixées par le cahier des charges sont : 1^{m}.50, 0^{m}.16, 0^{m}.12.

Dans les parties à deux voies, l'entre-voie est fixée à 1^{m}.80, et doit être portée à 2^{m}.40 dans les gares.

Dans les courbes de moins de 460 mètres, il est prescrit d'employer des rails cintrés.

Outre les dispositions qui précèdent, le cahier des charges indique les conditions relatives :

A la qualité des rails des traverses et des éclisses;
A la nature des changements et croisements de voie;
A l'établissement de la voie aux passages à niveau;
A la pose de la voie.

Les stations établies en palier, doivent être pourvues d'abris pour les voyageurs et du matériel nécessaire au chargement et au déchargement des marchandises. Les stations placées aux extrémités de la ligne doivent avoir en outre une remise à locomotives, une remise à voitures et un réservoir d'eau. A l'une d'elles il doit être établi un atelier outillé de façon à faire les réparations courantes.

Le cahier des charges prescrit l'établissement de clôtures d'un type déterminé aux endroits désignés par le Conseil d'État; de barrières d'un système autre que celui à bascule aux passages à niveaux où elles seront jugées nécessaires.

Ces passages ne sont gardés nulle part; de petits disques fixes indiquent au mécanicien qu'il doit sonner sa cloche pour avertir de l'arrivée du train.

Ce même système d'avertissement est employé dans toutes les parties du chemin longeant la route dès que l'on rencontre des voitures.

Les poteaux kilométriques, ainsi que les poteaux de rampe portant des indications apparentes peuvent être en bois ou en pierre.

Enfin des disques signaux sont prescrits aux endroits nécessaires.

L'établissement des postes télégraphiques, dans les stations, fait l'objet d'une convention spéciale entre la confédération, les communes intéressées et la Compagnie.

Il y a, en ce moment, trois stations télégraphiques, savoir : Lausanne, Cheseaux et Échallens.

Le cahier des charges, après avoir établi que les expropriations, ainsi que les indemnités pour carrières, ballast, chantiers, lieux de dépôt et chemins d'accès à ces terrains, l'abornement provisoire et définitif restent à la charge de la Compagnie, stipule que :

Pendant la construction, la Compagnie sera soumise au contrôle de l'administration et restera responsable envers l'État de la bonne exécution des travaux.

Chaque ouvrage sera soumis à une réception provisoire de la part des agents de l'État et que l'exploitation ne pourra commencer qu'après la réception définitive.

Si les travaux ne sont pas terminés dans le délai fixé par la concession, il y sera pourvu d'office par l'administration et aux frais de la Compagnie, au moyen des 20,000 francs déposés par elle pour couvrir les avances de l'État.

Enfin la surveillance de l'exploitation sera faite par des agents nommés par le Conseil d'État et auxquels la Compagnie devra le transport gratuit.

EXPLOITATION DE LA LIGNE.

Le personnel d'exploitation, placé sous les ordres du Conseil d'administration et du Comité de direction, comprend :

1 chef de service.
1 comptable.
2 chefs de gare.
6 chefs de station, qui ne sont autres que les facteurs des postes des localités. Ils apportent les dépêches quelques instants avant l'arrivée de chaque convoi et distribuent les billets. Ils reçoivent de la Compagnie, pour ce service, un franc par jour.
2 employés des trains.
2 mécaniciens.
2 chauffeurs.
2 aiguilleurs.
1 chef d'équipe de la voie.
4 hommes d'équipe de la voie. Ces derniers viennent aider le personnel des gares ou des trains les dimanches et autres jours d'affluence de voyageurs.

En ce qui concerne le matériel roulant, le cahier des charges ne prescrit l'emploi d'aucun système particulier; il stipule simplement que les machines devront présenter toutes les garanties de durée et de bon service des meilleures machines en usage sur les voies ferrées, et être en nombre suffisant pour satisfaire au trafic; que les wagons à voyageurs et à marchandises qui pourront être ceux du chemin de fer Fell au Mont-Cenis seront tous munis de freins à vis de la meilleure construction, et que les voitures à voyageurs de toutes classes seront convenablement chauffées.

Le matériel roulant se compose :

a) De 4 locomotives, savoir :

2 du Creusot pesant à vide 6t.50, en charge 8t.50, et pouvant remorquer 10 essieux chargés sur une rampe de 0m.04.

1 de Krauss et Compagnie à Munich, pesant à vide 9 tonnes, en charge 13 tonnes, ayant une puissance effective de traction (indiquée par le fabricant) de 1 230 kilog., et pouvant remorquer 20 essieux chargés sur une rampe de 0m,04. La capacité des caisses à eau est de 2230 litres.

1 ancienne locomotive du Mont-Cenis, réparée complétement, pesant à vide 12 tonnes, en charge 15 tonnes, et pouvant remorquer 24 essieux chargés sur une rampe de 0m.04.

b) De 39 voitures ou wagons, savoir :

4 voitures à voyageurs à 3 essieux, contenant 28 places chacune, soit 112 places, pesant 5 tonnes. Longueur 8m.25, largeur 1m.90.

8 voitures à voyageurs à 2 essieux contenant, 14 places chacune, soit 112 places, pesant 2t.600. Longueur 4m.60, largeur, 1m.90.

6 fourgons à bagages.

1 wagon couvert.

14 wagons de hauts bords.

6 wagons plats.

Les voitures à voyageurs comprennent deux classes seulement. Elles sont disposées comme des omnibus ; les voyageurs sont assis sur deux banquettes longitudinales, laissant un couloir au milieu.

Les voitures des deux classes sont fermées, couvertes et chauffées, mais les dossiers et les siéges des premières classes sont seuls rembourrés.

Ces voitures n'ont à chaque extrémité qu'un seul tampon évasé et traversé par la cheville à laquelle est adapté l'anneau d'accouplement.

Enfin, conformément aux prescriptions du cahier des charges, elles sont toutes munies d'un frein à vis.

Le cahier des charges fixe à trois le nombre minimum des trains à organiser par jour dans chaque direction, avec possibilité de réduire ce nombre à 2 pendant les mois de décembre, janvier et février; la Compagnie étant cependant tenue de faire un service correspondant aux besoins du trafic et devant organiser le nombre de trains nécessaires

fixé par le Conseil d'État. Actuellement le nombre des trains est de quatre.

Le dimanche soir il est mis en marche un cinquième train au départ d'Échallens vers Lausanne.

La durée totale du parcours est de 50 minutes. La vitesse des trains étant calculée à raison de 25 kilomètres à l'heure, non compris les arrêts.

Le cahier des charges fixe à 19 kilomètres (non compris les arrêts) la vitesse moyenne des trains de voyageurs.

Le service des marchandises est réglé ainsi qu'il suit :

Les expéditions se font en grande et en petite vitesse.

Les marchandises expédiées en grande vitesse doivent être remises au premier train de voyageurs suivant, toutes les fois que la consignation aura été faite deux heures au moins avant le départ de ce train.

Les marchandises expédiées en petite vitesse devront être rendues à la gare destinataire dans le délai de 48 heures, à partir du moment de leur consignation à la gare expéditrice, et la Compagnie ne peut être astreinte à transporter plus de 50 tonnes par jour dans chaque direction.

Les tarifs sont fixés ainsi qu'il suit :

1° *Voyageurs.*

0f.10 par kilomètre pour la 1re classe.
0f.07 » pour la 2e classe.
Les enfants de 3 à 10 ans sont tranportés à moitié prix.

Chaque voyageur a droit au transport gratuit des petits colis à la main dont le poids n'excède pas 30 livres, et dont la nature ne crée pas un embarras pour les autres voyageurs.

Les colis d'un poids supérieur à 30 livres ou de nature à créer une gêne pour les autres voyageurs, sont transportés aux conditions des marchandises à grande vitesse.

Enfin la Compagnie est tenue à réduire de 20 pour 100 la taxe des billets d'aller et retour valables pendant une seule journée et à créer des carnets d'abonnements à des conditions encore plus avantageuses pour une circulation régulière.

Ces carnets d'abonnement, au parcours kilométrique et au porteur, donnent une réduction de 30 pour 100 sur le prix de la simple course. Ils sont à l'usage des personnes qui veulent circuler par les trains dans

quelque direction et pour quelque parcours que ce soit, à la seule condition d'annoncer à l'entrée dans le train la station où on veut s'arrêter.

Ce carnet contient une feuille composée de 300 petits carrés d'une dimension un peu moindre qu'un timbre-poste, et pouvant se détacher de la même manière.

Ces carrés sont numérotés de 1 à 10. Le chef de train détache de la feuille, autant de carrés qu'il y a de kilomètres parcourus et donne au voyageur une petite carte sur laquelle la station de départ et celle d'arrivée est indiquée.

Les agents du chemin ont seuls le droit de détacher les coupons utilisés, et tout coupon détaché d'avance ou présenté isolément est annulé.

2° *Marchandises.*

a) Les marchandises à petite vitesse sont soumises aux taxes suivantes selon leur nature :

1re CLASSE. — *Bétail.*

Chevaux et gros bétail, par tête et par kilomètre. . . .	0f.20
Petit bétail et chiens »	0f.07.

2e CLASSE. — *Denrées et matériaux de construction.*

Matériaux de construction, bois à brûler, grains et pommes de terre, par kilom. et par quintal (50 kil.).	0f.015
Toutes autres marchandises.	0f.020.

Le minimum de la taxe est fixé à 0f.25 par expédition.

Les poids sont arrondis par 50 livres.

Les wagons complets sont acceptés de 50 à 80 quintaux.

Les wagons complets sont taxés, sans distinction de distance :

1° Pour le petit bétail, à raison de 5 francs;

2° Pour les marchandises, à raison de 0f.10 par quintal dès que le poids atteint 50 quintaux.

b) Les marchandises voyageant en grande vitesse sur la demande de l'expéditeur peuvent être soumises, d'après le cahier des charges, à une surtaxe supplémentaire de 50 pour 100.

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION.

La première section de la ligne, de Lausanne à Cheseaux, comprenant un parcours de 7^{k}.500 a été ouverte le 5 novembre 1873.

La deuxième section, de Cheseaux à Échallens, comprenant 7 kilo mètres, a été ouverte le 2 juin 1874.

Du 5 novembre 1873 au 31 mai 1874 la première section a produit une recette brute de. .	19 275 fr.	
Correspondant à une recette kilométrique annuelle de.		4 507^{f}.75
Du 1er juin 1874 au 31 décembre 1874 la ligne entière a produit une recette brute de. .	46 893	
Correspondant à une recette kilométrique annuelle de.		5 329^{f}.00
La recette totale au 31 decembre 1874 était donc de.	66 168 fr.	

Le nombre des voyageurs transportés a été dans cette période de 122 142.

La ligne traverse une contrée essentiellement agricole et peu industrielle. Actuellement les marchandises rapportent fort peu, mais on espère que le trafic se développera lorsque les installations seront terminées, et lorsque la ligne aura été reliée au chemin de fer d'Ouchy et à la gare de la Compagnie de la Suisse occidentale à Lausanne.

On compte que les frais d'exploitation ne dépasseront pas 4 000 francs par kilomètre et on espère même les réduire à 3 600 francs.

Du 5 novembre 1873 au 31 décembre 1874 ces frais ont atteint le chiffre de 60 000 francs, ce qui porte à 6 168 francs seulement la recette brute nette.

Il y a tout lieu de croire que cette recette ira en augmentant rapidement.

RACHAT DU CHEMIN DE FER PAR L'ÉTAT.

Le cahier des charges prévoit le cas du rachat de la ligne par l'État, et en règle les conditions au bout de la 30e, 45e, 60e, 75e et 90e année à dater du commencement de l'exploitation sur toute la ligne, après avoir avisé la Compagnie 5 ans à l'avance.

Ces conditions sont établies de la manière et sur les bases suivantes :

Si le rachat a lieu à l'expiration de la 30e, 45e ou 60e année on payera 25 fois la valeur de la moyenne du produit net pendant les dix années précédant immédiatement l'époque à laquelle le canton de Vaud a annoncé le rachat (après avoir défalqué les sommes incorporées au fond d'amortissement prévu par la convention).

De la 75e année on payera 22 fois et demie la valeur.

De la 98e année on payera 20 fois la valeur.

La somme d'indemnité ne pouvant dans aucun cas être inférieure au capital primitif.

Nous ferons remarquer à ce sujet qu'en Suisse les chemins de fer ne deviennent pas la propriété de l'État à l'expiration de la concession. La ligne est rachetée. Il s'ensuit que les Compagnies ne se préoccupent pas de l'amortissement du capital qui doit être remboursé à l'expiration de la concession au moyen de la somme versée par l'État pour le rachat du chemin.

Les Compagnies n'ont donc qu'à servir les intérêts dus aux actionnaires et aux obligataires au moyen des recettes nettes. Elles mettent bien chaque année une certaine somme en réserve pour l'entretien du matériel fixe et roulant, mais comme presque toujours, cette somme est insuffisante, il arrive un moment où elles se trouvent obligées de faire une nouvelle émission d'obligations et d'augmenter ainsi les charges de premier établissement.

Ce système est un des motifs de la crise qui se produit actuellement pour quelques Compagnies de chemins de fer suisses.

Nous adresserons, en terminant tous nos remerciements à la direction de la Compagnie et à son chef d'exploitation M. Dantan, pour l'obligeance avec laquelle il a bien voulu nous communiquer les renseignements qui nous ont permis de rédiger cette note.

LIGNE DE TURIN A RIVOLI (Italie).

Ce second chemin n'a qu'une largeur de voie de 0m.90; il est établi dans la belle plaine qui entoure la ville de Turin.

Nous passerons rapidement en revue les conditions dans lesquelles cette ligne a été construite, et nous examinerons les résultats de l'exploitation.

1° Tracé et construction de la ligne.

La concession fut d'abord accordée pour l'établissement d'un tramway, mais les travaux ne furent pas commencés, et en 1870, une nouvelle concession autorisa la construction d'un chemin de fer à voie étroite.

L'exploitation de la ligne commença vers la fin de l'année 1871.

La voie est établie sur l'une des contre-allées de la grande route de Turin à Rivoli, dont la largeur, qui était primitivement de 17 mètres, se trouve réduite aujourd'hui à 11^{m}.90. Le chemin de fer est séparé de la route par un fossé bordé d'une haute haie d'accacias et d'épines, de façon à empêcher que les chevaux ne soient effrayés par la vue des trains, et du côté opposé à la route par une haie ordinaire.

Le chemin a une longueur de 12 kilomètres.

La pente moyenne est de 0^{m}.0088; la plus forte de 0^{m}.017.

Le remblai le plus élevé à une hauteur de 5^{m}.78, le plus grand déblai à 6^{m}.40.

Enfin le plus petit rayon des courbes est de 200 mètres.

Les ouvrages d'art consistent en vingt ponts et viaducs de 8^{m}.30 à 1 mètre d'ouverture.

Les passages à niveau au nombre total de 6 se divisent en :

Quatre grands passages surveillés par des gardes;

Deux petits passages restant ordinairement fermés et ne s'ouvrant que lorsque des voitures doivent traverser la voie.

Les stations sont au nombre de quatre.

1° La station de Turin, qui est vaste, a une large marquise pour abriter les trains, et possède des ateliers de réparation.

2° Deux des maisons cantonnières construites en maçonnerie et établies le long de la ligne servent de bureaux aux recettes pour deux stations intermédiaires.

3° Enfin la 4e station qui est à Rivoli, a encore une installation incomplète.

La plate-forme du chemin a une longueur totale de 3^{m}.20; le ballast occupe une largeur de 2 mètres et une épaisseur de 0^{m}.40.

La voie, d'une largeur de 0^{m}.90 entre les faces internes des rails et de 0^{m}.95 d'axe en axe, est composée de rails Vignole pesant 21^{k}.453 par mètre courant.

Leur longueur est de 5^m.70 ; ils sont posés sur 7 traverses en chêne dont les dimensions sont de : 1^m.80, 12^m. 20^m.

La ligne est munie d'un télégraphe.

2° *Exploitation de la ligne.*

Le matériel roulant se compose :

(*a* De quatre locomotives-tenders, construites par la Société de Saint-Léonard à Liége. Ces machines pèsent à vide 8^t.700 ; elles sont munies de deux injecteurs Giffard et de freins à contre-vapeur.

Voici leurs principales dimensions :

Diamètre des roues	0^m.80
Distance des axes	1^m.50
Pression effective de la vapeur. . . .	9 atmosphères.
Capacité de la caisse à eau.	1200 litres.
Poids du charbon	150 kilogrammes.
Traction théorique.	2136 id.
Traction effective.	1530 id.

Ces locomotives remorquent 50 tonnes de poids brut sur des pentes de 0^m.018 à une vitesse de 30 kilomètres à l'heure.

Elles ont couté 22,000 fr., rendues à Turin.

(*b* De 21 voitures ou wagons, savoir :

3 voitures à voyageurs (1re classe).
4 voitures à voyageurs (2e classe) à frein.
3e id. id. (id.) sans frein.
5 voitures mixtes.
3 fourgons à bagages.
3 wagons à marchandises.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre des roues	0^m.60
Distance des axes.	2^m.50
Longueur intérieure.	4^m.50
Largeur id.	1^m.50
Hauteur id.	1^m.80

Ces véhicules ont été construits par la Compagnie belge de constructions de chemins de fer établie à Bruxelles.

Les voitures pèsent en moyenne 2^{t}.600.

Elles sont divisées en deux compartiments de 6 voyageurs chacun. (3 par banc).

En dernier lieu, le matériel a été fourni par la Société italienne d'industries mécaniques à Naples, et de nouvelles voitures à voyageurs sont commandées; elles doivent avoir une largeur double de celle de la voie soit 1^{m}.80 et contenir 8 voyageurs par compartiment (4 par banc).

Le coût de la ligne, y compris le matériel fixe et roulant s'établit de la manière suivante :

Études et direction pendant la construction. . .	14.000
Expropriations.	9.000
Terrassements et mise en état de la route ordinaire.	92.000
Ouvrages d'art.	96.000
Matériel fixe (coût kilométrique de la superstructure. . . . . 12,138). . .	213.000
Matériel roulant	251.000
Total.	675.000
Soit par kilomètre.	56.000

Il est à remarquer que le terrain de la route et des stations de Turin et de Rivoli a été cédé gratuitement aux concessionnaires, et qu'en outre, les villes de Turin et de Rivoli ont donné la première une subvention de 80,000 fr., la seconde de 40,000 fr., soit 120,000 de subvention totale.

L'exploitation se fait d'une manière très-économique.

Le personnel se compose :

1° Pour les Gares :

à Turin de : 1 chef de station.
1 distributeur de billets.
1 magasinier.
1 concierge.
1 aide.
2 surnuméraires.

à Rivoli de : 1 chef de station.
1 receveuse aux billets.
1 concierge.
1 aide.

Dans les stations intermédiaires :

1 chef de station. } dans l'une de ces stations.
1 receveur aux billets }
1 personne faisant tout le service dans la 2e station.

Total. . . 14 agents.

2° *Pour les Trains.*

3 mécaniciens.
2 chauffeurs.
2 garde-freins.

Total. . . 7 agents.

3° *Pour la surveillance et l'entretien de la voie.*

9 hommes.
3 femmes garde-barrières.

Total. . . 12 agents.

Soit en tout 34 agents (hommes ou femmes).

La circulation est de :

16 convois de voyageurs dans chaque sens les jours ordinaires.
24 id. et plus dans les jours de fêtes.

Les trains marchant à une vitesse moyenne de 24 kilomètres, et qui peut aller jusqu'à 30 kilomètres à l'heure, sont remorqués par une seule machine consommant pour chaque voyage entier (aller et retour) :

600 à 700 litres d'eau,
60 kilogrammes de charbons soit 5k par kilomètre.

Le prix kilométrique des transports, est inférieur à celui des autres chemins et il diminue avec l'accroissement des distances.

Les Tarifs sont également réduits pour les billets d'aller et retour et les cartes d'abonnement.

Nous mettons ci-dessous en regard les frais d'exploitation et les recettes pour les années 1872-1873 et 1874.

Années.	Recettes.	Frais d'exploitation.	Différences.
1871	23169 (du 27 septembre au 31 décembre)..	»	»
1872	92779 (année entière).............	76156	16623
1873	110979 (id.)..................	70715	40264
1874	61734 (1er semestre).............	33350	28384

On peut considérer comme normal le chiffre des dépenses et des recettes de l'année 1873.

En admettant ces deux chiffres et en défalquant des | 40.264 fr.
la somme que l'État prélève sur cette recette nette soit. | 10.264
Il reste comme bénéfice net environ. . . . . | 30.000 fr.

Soit 2.500 fr. par kilomètre représentant environ les 4.50 pour 100 du coût kilométrique.

CHEMIN DE FER DE WINKELN PAR HÉRISSAU A APPENZELL.

Nous ajouterons enfin aux renseignements qui précèdent quelques mots sur le chemin de fer en construction de Winkeln par Hérissau à Appenzel.

M. Dumon, donne dans son rapport, quelques renseignements sur cette ligne de 24k.500 établie sur un terrain excessivement tourmenté et se développant à travers des vallées profondes et sinueuses.

La largeur de 1 mètre donnée à la voie a été nécessitée ici par l'obligation où l'on se trouve d'avoir recours à des ondulations très-brusques pour atteindre les hauteurs où sont situées les localités à desservir.

Les courbes qui ont parfois un rayon de 9 mètres seulement sont situées dans des parties de ligne inclinées de 0m.035 et ne sont séparées de courbes analogues que par des alignements de 73 mètres de longueur.

Les rails pèsent 23 kilogrammes par mètre courant et la dépense kilométrique de la ligne entière y compris le matériel roulant est estimée 120.000 francs.

Ce matériel se compose de machines-tenders pesant 19 tonnes environ, ayant trois paires de roues couplées, et dont les axes sont séparés de 2m.15.

Les wagons ont une capacité de 6 tonnes.

La section de cette ligne, de 8 kilomètres environ s'étendant de Winkeln à Walstatt a été ouverte au mois de juillet dernier.

Nous attendons que la ligne soit entièrement terminée pour vous donner des renseignements exacts sur son mode de construction et d'exploitation.

Nous avons aussi l'intention de compléter notre communication en vous donnant les résultats d'exploitation de l'année 1875 pour la ligne de Lausanne à Échallens, et enfin en vous exposant d'une manière détaillée le mode de calcul suivi pour la détermination des coefficients d'augmentation des taxes applicables à des rampes déterminées.

En terminant, nous vous ferons observer que si les chemins publics à voie étroite qui existent sur le continent dans les pays que nous venons de citer plus haut ne peuvent nous fournir que des renseignements incomplets sur leur exploitation à cause de leur récent établissement, on peut citer en Angleterre un exemple de ligne à voie étroite qui a donné de brillants résultats au point de vue financier.

Nous voulons parler du chemin de Festiniog à Port-Madoc (Pays de Galles) qui n'a pas peu contribué à attirer la faveur des ingénieurs sur ces voies de communication économiques.

Ce chemin de $0^m.60$ de largeur de voie, qui s'étend sur une longueur de 21 kilomètres, admet des courbes dont les rayons varient de 160 mètres à $35^m.20$ seulement, et des déclivités de $0^m.005$ à $0^m.01$, est livré au service des voyageurs depuis 1863. A l'époque où il fut établi, c'est-à-dire en 1832, il servait seulement à l'exploitation des ardoisières de Dinas et la traction s'y faisait au moyen de chevaux.

Cette ligne à voie unique passe sous un tunnel de 667 mètres, traverse des parties rocheuses en tranchées de 8 mètres de profondeur et s'élève parfois à 10 mètres au-dessus du sol.

Les rails pèsent $14^k.9$ et les trains circulent à une vitesse maximum de 20 kilomètres à l'heure.

M. Dumon rapporte cependant que l'ingénieur de cette ligne, M. Spooner a réussi avec le succès le plus complet à porter cette vitesse à 48 et même à 55 kilomètres à l'heure.

Il donne dans son rapport les résultats d'exploitation suivants pour l'année 1869 :

Mouvement total		Mouvement kilométrique		Recette kilométrique brute.	Dépenses totales.	Produit net.
des voyageurs.	des marchandises.	des voyageurs.	des marchandises.			
97.000	138.917t	4.620	6.620t	27.395	14.675	12.720

Le produit net : 12.720f représente les 46.57 pour 100 de la recette brute.

Le coût du kilomètre a été d'après M. Goschler de 41.500f.

« Voici donc un chemin de fer, ajoute cet ingénieur, qui donne des « résultats enviés par beaucoup de Compagnies : 30 pour 100 sur le « capital primitif, et 12 pour 100 sur le capital actuel, constitué à l'aide « de prélèvements sur les produits annuels. »

Si on voulait chercher d'autres exemples pour démontrer de quelle utilité peut être l'emploi de la voie étroite dans certains cas déterminés, on les trouverait dans l'étude bien connue du réseau des chemins suédois et norwégiens.

Nous nous bornons à l'exemple que nous venons de citer.

ANALYSE

DU RAPPORT DE MISSION DE M. MALÉZIEUX

Ingénieur en chef des ponts et chaussées

SUR LES

TRAVAUX PUBLICS DES ÉTATS-UNIS

PARTIE RELATIVE

AUX VOIES NAVIGABLES[1]

PAR M. **EDMOND BADOIS**.

INTRODUCTION.

Considérations préliminaires. — Aucune étude technique ne saurait être plus opportune que celle des faits nombreux signalés et si bien coordonnés par M. Malézieux dans le chapitre qui traite de la navigation intérieure, dans son ouvrage sur les travaux publics des États-Unis d'Amérique en 1870.

Nous touchons en France à une période nouvelle pour nos voies navigables. Leur développement devient de plus en plus nécessaire, si nous ne voulons pas que nos moyens de transport soient dans un état évident d'infériorité.

Les voies ferrées ne suffisent pas en effet aux exigences commerciales actuelles.

Nous avons achevé la construction de nos principales lignes de chemin de fer, et cependant on a pu constater l'année dernière quel désarroi peut se produire dans l'exploitation, lorsqu'un trafic quelque peu important survient inopinément. Les gares ont été fermées par suite de l'encombrement et les marchandises sont restées en souffrance pendant plusieurs semaines sur un grand nombre de points.

D'autre part, le prix du transport par voie de fer pour les grands parcours, même avec les tarifs privilégiés les plus réduits, est encore trop élevé pour l'industrie.

Et ce n'est pas dans la création des lignes des troisième et quatrième réseaux qu'il faut chercher le remède à cette situation. Ces lignes ne donneront souvent, au contraire, que déceptions et désillusions, et ne pourront être d'aucune utilité pour l'amélioration des conditions du transit ou des grands parcours.

Il y a en réalité, avec les chemins de fer *seuls*, insuffisance de moyens pour que les transports industriels s'effectuent aujourd'hui économiquement à de grandes distances.

Que l'on reprenne donc sans retard la question des rivières et des canaux laissée dans l'ombre depuis si longtemps.

1. Voir Pl. 3.

Que l'on reconstitue avec fermeté et vigueur nos voies d'eau en les faisant profiter de l'expérience acquise dans la création des chemins de fer.

Que cette rénovation s'accomplisse avec des idées larges et non avec la crainte mesquine de troubler le monopole des voies existantes.

Que l'on s'inspire des études laborieuses de nos habiles ingénieurs et que M. Krantz vient de résumer par la nécessité d'une dépense de 800,000,000 de francs.

Que les travaux soient surtout conçus et dirigés d'après un plan général, avec la conviction profonde qu'il faut créer un ensemble et non des détails, de très-grandes voies de transit et non des canaux d'*intérêt local*.

Que Paris soit port de mer, si l'on veut, mais que ce soit à la fois *sur la Manche*, par la Seine ou le canal de Dieppe, *sur l'Océan*, par la Loire, *sur la Méditerranée*, par le Rhône, et *sur la mer du Nord*, par le Rhin et la Meuse.

Je n'entends pas dire que les grands navires de mer doivent parcourir eux-mêmes la France. Ce n'est nullement nécessaire. Ce qu'il faut absolument, c'est que des bateaux bien faits, d'un tonnage convenable, puissent suivre toutes nos lignes principales sans interruption, sans entraves, ni retards; qu'ils trouvent partout une même section, un même tirant d'eau et des écluses de mêmes dimensions, ainsi que des services réguliers de remorquage ou de halage à bon marché.

Ces idées m'ont été suggérées par la lecture du rapport si remarquable de M. Malézieux. Il m'a semblé qu'il était bon d'examiner les solutions américaines, de rechercher celles qui pourraient s'appliquer chez nous pratiquement, et qu'il y aurait là un enseignement précieux et d'une utilité incontestable.

C'est ce qui m'a engagé à résumer cette étude.

Division de ce travail. Le chapitre de la navigation intérieure dans le livre de M. Malézieux se divise en deux grandes sections :

1° Les rivières;

2° Les canaux.

Pour chacune de ces sections, l'auteur passe d'abord en revue les appareils et les ouvrages d'art spéciaux qui ont attiré son attention.

Ensuite il décrit les travaux faits ou ceux en cours d'exécution pour l'amélioration des voies navigables, enfin il termine par des détails sur les moyens et les procédés de l'exploitation.

Pour mieux le suivre dans ses descriptions, je crois qu'il est utile de rappeler, comme il le fait lui-même, par quelques considérations géographiques générales quelle est la physionomie du pays qu'il a parcouru dans sa mission d'étude des travaux publics des États-Unis.

Description géographique. Nous sommes en présence d'une très-vaste contrée que les cartes nous montrent sous la figure d'un rectangle de 4,500 kilomètres environ de longueur, sur 2,500 kilomètres de hauteur et d'une surface de 10,000,000 de kilomètres carrés. Ce territoire peuplé de 38,000,000 d'habitants est compris à peu près complétement entre le 30° et le 49° parallèle, et entre le 70° et le 125° degré de longitude O. du méridien de Paris.

Tout cet espace se trouve divisé en trois régions bien distinctes, par les monts Alléghanys à l'Est, et les montagnes Rocheuses à l'Ouest. Ces groupes montagneux comprennent entre eux l'immense bassin intérieur du Missisipi.

En dehors et à l'Est, une bande de terrain assez étroite longe l'océan Atlantique et regarde l'Europe, tandis qu'à l'Ouest, le versant des montagnes Rocheuses s'étend jusqu'à l'océan Pacifique et regarde l'Asie. Ce versant comprend la chaîne parallèle de la Sierra-Newada qui limite la magnifique plaine de la Californie.

Le bassin intérieur situé entre les montagnes Rocheuses et les monts Alleghanys forme une plaine pour ainsi dire tout unie, dans laquelle les ondulations des collines et des vallées ont à peine de relief. On peut s'en faire une idée par le profil des trois grands cours d'eau qui l'arrosent : le Mississipi, le Missouri et l'Ohio.

Le Mississipi prend sa source à 512 mètres au dessus du niveau de la mer où il se jette après un parcours de 4 200 kilomètres. Son principal affluent, le Missouri le rejoint à une altitude de 127 mètres, alors que son parcours est encore de 1 800 kilomètres. Cet affluent lui-même qui prend naissance dans les montagnes Rocheuses, à l'altitude de 1 854 mètres, fournit un parcours de 4 500 kilomètres jusqu'à son confluent. L'Ohio, formé par la réunion de deux rivières qui descendent des monts Alleghanys, présente à Pittsburg, à 1 500 kilomètres de son confluent, une altitude de 503 mètres. Ces trois cours d'eau seuls développent ensemble une longueur de navigation de 10 000 kilomètres.

Les autres principaux affluents du Mississipi sont :

A l'Ouest : la Minnésota,
la rivière des Moines,
l'Arkansas,
et le Rio-River.

A l'Est : la rivière Sainte-Croix,
l'Illinois,
le Visconsin,
le Tennessée.

Cet immense bassin limité au sud par le golfe du Mexique est borné au nord par les cinq grands lacs : *Supérieur*, *Michigan*, *Huron*, *Erié*, *Ontario* qui tous communiquent entre eux et se déversent vers le nord par le fleuve Saint-Laurent, avec lequel ils composent une nouvelle longueur de navigation de 3 800 kilomètres.

Autant les deux versants des montagnes Rocheuses sont stériles, autant sont fertiles les espaces compris entre le haut Mississipi, le Missouri, l'Ohio et le versant occidental des Alleghanys; mais les plateaux supérieurs, s'ils sont incultes, contiennent en revanche de précieux éléments minéralogiques et métallurgiques.

Dans les territoires fertiles et bien arrosés, le développement de la population s'opère dans des proportions vraiment extraordinaires. Neuf des États situés entre le Missouri et l'Ohio ne comptaient que trois millions d'habitants en 1840; ils en possédaient en 1870 douze millions; le Mississipi, sur lequel il n'y avait pas un seul pont en 1850, présente maintenant sept grands ponts construits ou en construction, entre les seules villes de Saint-Louis, près du confluent du Missouri, et Saint-Paul, dans le haut Mississipi, à peu de distance de l'embouchure de la Minnésota.

Aussi les produits à transporter prennent-ils rapidement, et de jour en jour, plus d'importance.

Deux grandes voies de navigation sont ouvertes à l'exportation des produits agricoles de ce bassin si riche, l'une vers le nord par les grands lacs et le Saint-Laurent, l'autre vers le sud par le Mississipi.

Malheureusement, ces magnifiques voies d'eau ne sont pas sans entraves. Souvent des obstacles se rencontrent dans leur cours. De plus, le Saint-Laurent est obstrué par les glaces pendant six mois d'hiver, et le bas Mississipi est désolé par les fièvres pendant l'été. Malgré cela, les Américains utilisent de plus en plus leurs lignes navigables et bien qu'ils possèdent déjà 100 000 kilomètres de chemins de fer, ils mettent toute leur volonté et toute leur énergie à les perfectionner.

Entrons donc dans l'étude de leurs procédés, et commençons par la description des appareils qu'ils emploient pour l'amélioration des rivières.

PREMIÈRE SECTION.

DES RIVIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

Appareils employés à l'amélioration des rivières.

I. — DES DRAGUES.

Il faut signaler tout d'abord que les dragues à godets à mouvement continu, dont nous nous servons presque exclusivement en France, sont en Amérique extrêmement rares; la drague employée presque partout est la drague à cuiller.

Drague à cuiller. — L'outil, la cuiller se compose d'une botte en forte tôle, articulée à l'extrémité d'un long manche, lequel se manœuvre verticalement par un mécanisme spécial et horizontalement par une grue tournante. Ces deux mouvements peuvent s'exécuter séparément, ils ont chacun leurs organes propres; ils peuvent aussi s'accomplir simultanément.

On peut installer l'outil et son mécanisme soit sur bateau, soit sur plate-forme roulante et on les emploie ainsi aux travaux de draguage proprement dit des cours d'eau, ou au déblaiement des tranchées creusées à sec.

Le mouvement vertical de la cuiller est obtenu au moyen d'une chaîne de levage qui se fixe au collier d'attache de la botte, puis vient passer sur la poulie d'extrémité de la volée de la grue; cette chaîne s'infléchit deux fois par une ligne brisée qui suit l'axe creux du pivot de la grue, et vient s'enrouler sur un fort tambour de treuil, placé à l'arrière du bateau.

Pendant que la chaîne de levage agit sur la hotte, le manche reste appuyé sur un axe horizontal à galets, posé sur les traverses de la charpente de la grue mobile, et pour que le dragueur puisse imprimer à la cuiller les mouvements qu'il désire, il suffit que ce manche soit à volonté avancé ou reculé, ou enfin assujetti d'une manière fixe sur l'axe sur lequel il s'appuie.

A cet effet, aux deux extrémités du manche, une même chaîne vient s'attacher, qui s'enroule aussi sur une roue à empreintes calée sur l'axe d'appui du manche, entre les deux galets. Veut-on faire avancer la cuiller, on donne à cet axe un mouvement de rotation dans le sens nécessaire, par l'effet d'un mécanisme à embrayage; la roue à empreintes tend alors le bout de la chaîne attaché à l'extrémité supérieure et tire sur le manche. Veut-on au contraire faire rétrograder la cuiller, on donne à l'axe un mouvement en sens contraire, de manière à ce que l'autre bout de la chaîne soit tendu et tire sur la cuiller. Si enfin on veut rendre fixe pendant un certain temps le point d'appui du manche sur son galet, on tend le bout supérieur de la chaîne, la cuiller descend, mais on arrête la rotation de l'axe au moment où le manche atteint la position qu'on désire; la hotte étant alors sollicitée par la chaîne de levage, et le manche ne pouvant pas remonter puisqu'il est maintenu fixe à son autre extrémité, la cuiller prend forcément un mouvement circulaire autour de l'axe à galets comme centre.

On conçoit aisément que l'on obtienne ainsi toutes les courbes possibles et qu'avec de l'habileté le dragueur puisse creuser là où il veut.

La cuiller étant donc amenée pleine à la hauteur désirée dans son plan vertical, il suffit de lui donner un mouvement horizontal qui la fasse arriver au point précis où elle doit laisser tomber son contenu.

Ce mouvement s'opère par la grue qui tourne alors autour de son pivot. Pour cela, on fait agir sur une couronne horizontale à gorge, liée à ce pivot à sa partie supérieure, la traction tangentielle d'une chaîne qui s'enroule dans la gorge de la couronne, et s'y trouve fixée à son extrémité, et qui, après s'être infléchie verticalement puis horizontalement, par le moyen de poulies de retour, s'enroule sur le tambour d'un second treuil mû comme le premier par la vapeur.

La vidange de la cuiller s'opère par le fond qu'un déclic fait ouvrir et qui, grâce à un loquet à ressort, se ferme automatiquement par la seule pression de l'eau, lors de l'immersion.

L'attache de la hotte au manche se fait sur chacune de ses deux parois verticales par deux barres de fer méplat, dont l'une est le prolongement du manche, tandis que l'autre a une direction oblique. Toutes deux sont articulées sur la hotte et sont boulonnées fixement sur le manche, mais la barre oblique est percée de trois trous qui permettent de faire varier quelque peu l'angle de la cuiller et du manche.

Le moufle de la chaîne de levage s'attache à la cuiller par une pièce en forme de demi-cerceau ou d'anse articulée sur la hotte. Je ne décrirai pas les détails de construction de l'appareil moteur; ils varient suivant les différentes applications.

Pour prévenir le trop grand enfoncement de l'avant du bateau dragueur, par l'effet de la résistance que le sol peut opposer à la cuiller, on adapte des béquilles qu'on fait descendre jusque sur le fond et qu'on fixe au bateau.

La drague se manœuvre avec trois hommes seulement.

La capacité de la hotte est de 3/4 de mètre cube et chaque mouvement dure environ une minute; le produit théorique serait donc de 5 à 600 mètres cubes par jour dans les terrains de moyenne dureté.

M. Malézieux a vu une de ces dragues fonctionner comme excavateur à sec dans une grande tranchée, fouiller et charger en wagons près de 3 mètres cubes de sable à la minute, avec une hotte de deux mètres cubes et demi environ.

Quelque ingénieux que soit le mécanisme de ces appareils, je ne pense pas que leurs avantages soient tels qu'on leur donne en France la préférence sur nos chaînes dragueuses. Le mérite qu'ils ont de n'élever les déblais qu'à la hauteur strictement nécessaire pour le déversement est plutôt théorique que pratique, car si l'on calcule la force nécessaire pour élever les draguages à un mètre ou deux de plus, on trouve que c'est une très-petite fraction de la force totale employée. Or, si l'on doit déverser les produits des draguages en bateaux, l'emploi des couloirs (qui exige en effet une certaine surélévation du point de déversement) est bien plus commode.

Je doute du reste qu'une drague à cuiller de même prix et munie d'une machine de même force qu'une drague à godets produise un cube aussi considérable, toutes conditions égales d'ailleurs. La manœuvre de la cuiller comporte une perte de temps très-importante pour le retour à vide. On ne l'atténue qu'en donnant aux organes une grande vitesse qui ne s'obtient qu'au détriment du bon emploi de la force motrice et de la conservation des pièces.

Je crois cependant qu'on peut trouver à la drague américaine certains avantages réels quoique différents de ceux de la drague française. Elles sont l'une et l'autre le développement de deux principes opposés destinés à produire le même résultat; le perfectionnement de chacun de ces principes s'est effectué dans des pays dissemblables et dans des conditions spéciales, et aussi d'après le génie particulier des deux peuples.

Peut-être, dans certains cas particuliers de draguages à opérer dans nos ports à marée, pourrait-on utiliser le système américain; peut-être aussi pourrait-on employer leurs excavateurs dans certains travaux de terrassements de grande importance où la main-d'œuvre serait rare et chère. Mais il ne m'est pas prouvé que cet emploi serait économique, et en tous cas il y aurait encore à compter avec nos habitudes prises et avec notre manière de faire[1].

Drague Morris et Cumming's. — Le livre de M. Malézieux nous présente un autre type d'appareil dragueur et extracteur très-intéressant; c'est la drague de MM. Morris et Cumming's.

Elle est également à mouvement discontinu.

L'outil se compose de deux compartiments égaux dont la réunion forme un coffre demi-cylindrique. Ils peuvent se séparer en tournant sur l'axe du cylindre. C'est la même disposition que la caisse à couler le béton dans l'eau, généralement connue.

Supposons qu'on ait ouvert les deux compartiments et qu'on laisse tomber l'appareil ainsi disposé sur le sol de la rivière, où l'on peut le maintenir au besoin par deux longues perches. Si alors on a le moyen (sans que l'axe du demi-cylindre change de place) de faire pénétrer dans le sol les deux compartiments jusqu'à ce qu'ils se rejoignent, tout le terrain séparé par la surface cylindrique sera emprisonné dans cette caisse.

1. Au cours de l'impression j'ai retrouvé dans le *Manuel du Terrassier*, par Ad. Masson (Manuel Roret, 1840), la description de l'excavateur américain construit par MM. Warral et Middleton et employé en France sur les lignes du Nord, du Havre et de Tours. Son usage a été depuis tout à fait abandonné.

Et si à ce moment on enlève l'appareil en le tenant fermé, le déblai pourra être ramené à la surface de l'eau.

Or, tous ces mouvements s'accomplissent par la seule traction de deux chaînes qui fonctionnent avec une grande précision, et qui sont mues par un treuil supérieur et une grue.

M. Malézieux décrit ainsi le mode de fonctionnement de cette drague :

L'axe de rotation des deux compartiments est fixé au bas d'un cadre métallique, tandis que les parois latérales de la caisse sont reliées chacune par deux bras de fer, articulés à une même traverse horizontale qui peut s'élever ou s'abaisser dans deux coulisses ménagées à travers les montants verticaux du cadre. Si, le cadre restant immobile, on soulève cette traverse en la tirant du haut par une chaîne, la caisse s'ouvre, ses deux moitiés s'écartent; elles se rapprochent, au contraire, quand on laisse retomber la traverse; mais lorsque l'appareil ouvert se trouve sur le sol, la résistance de celui-ci s'oppose au rapprochement des deux parties mobiles, et, par suite, à l'abaissement de la traverse. Pour vaincre cette résistance, c'est encore sur la traverse qu'on agit; on agit indirectement, non par une pression exercée de haut en bas, mais par une traction exercée de bas en haut. A cet effet, le cadre porte à sa partie inférieure un arbre horizontal sur lequel trois poulies sont calées; celle du milieu, sur laquelle descend la chaîne de commande, est plus grande que les deux autres. Ces dernières sont reliées à la traverse mobile par deux bouts de chaîne enroulés en sens inverse de la chaîne de commande. Quand donc celle-ci, tirée du haut, se déroule, les bouts de chaîne s'enroulent au contraire sur les petites poulies, ce qui oblige la traverse mobile à se rapprocher en s'abaissant. L'effort ainsi communiqué aux bras articulés de la caisse fait pénétrer dans le sol les deux compartiments.

Quand la caisse est fermée, la traverse mobile se trouve descendue dans ses coulisses aussi bas qu'elle peut descendre; mais la chaîne de commande tire toujours, et l'arbre ne tournant plus, il faut que l'appareil remonte, cadre et caisse tout ensemble, avec le déblai dragué.

Cet appareil peut produire, paraît-il, de 750 mètres cubes à 1,900 mètres cubes par dix heures, suivant les terrains et la capacité de la caisse.

Ses avantages paraissent être surtout de pouvoir opérer à de grandes profondeurs et d'être, je crois, très-propre au draguage des fonds glaiseux ou argileux, si difficiles à draguer avec les chaînes à godets; mais, d'un autre côté, son produit doit être beaucoup moindre que celui des dragues ordinaires dans les sols sableux.

La caisse peut être remplacée par une double série de crocs se rejoignant comme deux mâchoires, et la drague peut alors extraire des blocs de rochers, même de très-fortes dimensions. Cette drague, ainsi modifiée, est employée aux fondations du pont de Brooklin, à New-York, où elle aurait enlevé des blocs très-puissants, dont l'un pesait jusqu'à 15 tonnes.

Il me semble y avoir là une idée utile et bonne à appliquer à certains de nos travaux.

II. — AUTRES APPAREILS.

Excavateur du lieutenant-colonel Long. — Cet appareil se compose de quatre cuillers en tôle juxtaposées et fixées au bas d'un cadre en charpente susceptible

d'osciller autour d'un axe horizontal. Le tout se place à l'avant d'un bateau qui descend à reculons sur le haut-fond. Il se produit un véritable grattage du sol qui amène le sable dans le bas-fond qui sucède à l'obstacle.

Bateau excavateur du général Mac-Alester. — C'est un bateau spécial, muni d'une forte hélice dont la circonférence descend plus bas que la quille du bateau. Cette hélice, en tournant rapidement, désagrége le sable, qui se trouve alors entraîné par le courant.

Au fur et à mesure de l'approfondissement du chenal, le bateau prend davantage d'enfoncement par l'effet de plusieurs compartiments étanches qu'on remplit d'eau plus ou moins. Cet appareil donne de bons résultats, mais les hélices se brisent fréquemment.

Snag-boats. — Il s'agit ici d'appareils destinés à remédier à une obstruction spéciale du lit des rivières américaines. Les snags sont des troncs d'arbres qui s'implantent dans le fond ou sur les rives et qui sont très-dangereux, surtout à cause des dimensions énormes de certains de ces arbres, des cotonniers surtout, qui mesurent quelquefois 40 mètres de long et 4 à 5 mètres de circonférence, et aussi à cause de la grande difficulté de reconnaître leur position et de s'en garer.

Les bateaux destinés à leur recherche et à leur extraction sont pourvus d'une double coque et munis de grues et de scieries à vapeur, propres à débiter les arbres retirés de l'eau avec la plus grande rapidité.

CHAPITRE II.

Travaux en lit de rivière.

Les Américains simplifient autant que possible les ouvrages qu'ils sont obligés de construire en lit de rivière.

Barrages mobiles. — Les barrages mobiles, bien qu'ils soient d'invention américaine et qu'ils aient reçu chez nous un grand développement et des perfectionnements qui font honneur à nos ingénieurs, n'existent pour ainsi dire pas en Amérique.

Crib-works. — Le type général des digues, jetées, murs de quai, culées de petits ponts, etc., consiste en coffrages en bois remplis grossièrement de pierrailles ou d'enrochements, et auxquels on a donné le nom de *crib-works* (ouvrages de crèche).

Ils ont généralement 10 mètres de longueur, 6 mètres de largeur et $3^m,20$ de hauteur, et sont formés de pièces de bois à vives arêtes, de 0,30 d'équarrissage et assemblées ensemble, soit à mi-bois, soit à queue d'aronde; ces poutres sont reliées entre elles par des boulons, et, par leur disposition, elles forment des murailles extérieures et intérieures, solidement entretoisées par des pièces transversales.

On comprend que, dans un pays où le bois est à bon marché et où la main-d'œuvre est chère, des ouvrages de ce genre aient une grande vogue. Ils sont, en effet, rapi-



dement faits et sans grands frais. Il est facile de les superposer et de les accoler les uns aux autres, ce qui permet de créer des jetées provisoires, que l'on prolonge au fur et à mesure des besoins et suivant l'expérience acquise. Ce dernier mérite est surtout très-goûté aux États-Unis.

CHAPITRE III.

Bateaux et Bacs à vapeur sur les rivières.

Pour réunir tout ce qui a rapport aux appareils relatifs à la navigation, je placerai ici quelques indications sur les bateaux à vapeur employés pour le transport des voyageurs et pour le remorquage, et sur les ferry-boats.

I. — *Bateaux à voyageurs et remorqueurs.* — Les bateaux transatlantiques (steamhips), et ceux qui naviguent sur les mers du Nord, sont presque tous à hélice. Les grands bateaux qui transportent les voyageurs le long des côtes, ainsi que les bateaux de rivière, sont à roues latérales. Ces roues sont mues par une machine à vapeur dont le balancier est placé en dehors du bateau, à la partie supérieure et d'une manière très-apparente. La construction de ces bateaux est, du reste, caractérisée par un très-faible tirant d'eau, une grande largeur, deux ou trois étages au-dessus de l'eau et des plates-formes de 3 ou 4 mètres qui débordent en encorbellement tout au pourtour.

Pour les remorquages, on fait beaucoup usage, à New-York et à Chicago, de petits bateaux à hélice (*tugs*), qui s'accolent aux navires qu'il s'agit de remorquer, ou même qui se placent dans l'intérieur des trains de bateaux qu'ils remontent.

II. — *Bacs à vapeur* (*ferry-boats*). — Mais ce que les États-Unis peuvent nous montrer de plus intéressant sous le rapport des véhicules applicables aux rivières, ce sont les bacs, dits *ferry-boats,* pour la traversée des grands fleuves. Il en existe de très-importants, non-seulement à New-York, sur l'Hudson, mais encore à Philadelphie, Omaha, Saint-Louis, et Oakland sur la baie de San-Francisco; ceux-ci sont pour piétons et voitures. Il en est d'autres, à La Chine, Détroit, Saint-Charles et Parkesburg, qui reçoivent les wagons de chemins de fer.

Bacs pour piétons et voitures. — La disposition des bacs pour piétons et voitures est assez simple et présente, sauf les convenances locales, une certaine uniformité. Le steamboat a un seul étage, 12 à 15 mètres de largeur et 80 mètres de longueur environ.

Les deux extrémités sont symétriquement arrondies et pourvues chacune d'un gouvernail. Les machines motrices sont verticales, à balancier supérieur apparent et à très-grande course du piston (3 mètres); elles occupent, au centre du bateau, une très-faible largeur. De chaque côté et dans l'axe se placent les voitures, les unes à côté des autres, dans une largeur de 3 mètres. Enfin, les salles de voyageurs occupent les deux rives. Elles sont munies de banquettes, chauffées à la vapeur et éclairées au gaz. Tout l'ensemble est couvert; l'embarquement et le débarquement se font aussi à couvert et par l'extrémité du bateau. La vitesse de marche des bateaux est d'environ 15 à 18 kilomètres à l'heure.

Bac de Fulton street. — Le passage d'eau de Fulton street, de New-York à Brooklyn, est desservi par quatre bateaux à la fois; 40 millions de piétons y passent annuellement, moyennant 2 cents (10 centimes) par piéton. La recette, de ce seul fait, est donc de 4 millions de francs par an. Les voitures payent 5 cents (25 centimes).

Pour que le bateau accoste facilement, il est guidé par deux files de pieux jointifs et moisés à la tête. Ces pieux cèdent et s'inclinent au premier choc du bateau, mais leur élasticité le ramène doucement jusque dans l'enclave qu'il doit occuper.

Bacs pour wagons. — Les passages d'eau pour wagons présentent un certain intérêt d'actualité, en raison du projet qui consiste à relier par des bateaux porte-trains les lignes françaises et les lignes anglaises.

Sur l'invitation de M. Petiet, notre regretté ancien président, M. Malézieux avait recueilli quelques documents pour l'étude de ce sujet spécial, en vue de les appliquer au transbordement des trains de France en Angleterre; ils ne lui paraissent pas favorables à cette application.

En Amérique, on n'embarque pas des locomotives, mais seulement des wagons; ils sont refoulés jusque sur le ferry-boat par un rebroussement de la voie qui aboutit à une estacade inclinée et à un pont mobile duquel les wagons passent sur les bateaux, soit en une file, soit en deux files. On retrouve là encore la disposition des pieux moisés destinés à guider le bateau.

CHAPITRE IV.

Description des cours d'eau et revue des travaux en exécution.

Les travaux de quelque importance, et qui peuvent attirer notre attention, s'effectuaient, en 1870, dans le bassin du Mississipi, le versant de l'Atlantique et le bassin des grands Lacs et du Saint-Laurent.

I. — Bassin du Mississipi.

Le Mississipi. — Ce fleuve, ainsi que je l'ai dit, a un développement de 4,200 kilomètres. Sa largeur maximum entre les berges est de 1,500 à 1,600 mètres. Les crues sont de 11 mètres sur le haut Mississipi et de 16 mètres vers l'embouchure.

De Saint-Paul à la Nouvelle-Orléans, deux obstacles permanents se présentent seulement à la navigation : ce sont les Rapides en amont du Rock-Island, et ceux en amont de Kéokuk. Ces Rapides sont infranchissables pendant les basses eaux. L'intérêt de leur rectification était d'autant plus considérable, que le transport des grains par eau de Saint-Paul à New-York, par Saint-Louis, le Mississipi et la mer, serait sans doute plus économique que le transport des mêmes produits par Chicago, les grands Lacs et le canal Érié, voie qu'ils suivent cependant à cause des transbordements ou allégements auxquels donnent lieu les Rapides du Mississipi.

Pour détruire ces obstacles, on n'a pas employé aux deux points les mêmes moyens; la nature du problème à résoudre n'était pas non plus la même.

A *Rock-Island*, les Rapides s'étendent sur une longueur de 23 kilomètres; leur

chute est de $0^m,70$, à peu près uniformément répartie, soit en moyenne une pente de $0^m,300$ par kilomètre.

La largeur de la rivière varie de 450 à 1,200 mètres, et la vitesse du courant de 1 kilomètre 1/2 à 5 kilomètres 1/2 à l'heure. Le sol est formé de bancs rocheux inclinés, dont les plus hauts fonds laissent moins de 4 pieds d'eau pendant quatre-vingt-dix jours en moyenne par an, soit pendant le tiers de la saison navigable.

Pour y remédier, on a pris le parti de creuser sur place, dans le rocher et sur 5 kilomètres de longueur, un chenal de 60 mètres de largeur et $1^m,22$ de profondeur au plus bas étiage; cela a nécessité l'extraction de 41,000 mètres cubes de rocher. Ce travail s'est effectué à la poudre, soit au moyen de bâtardeaux construits dans le genre des crib-works, soit au moyen de ciseaux plongeants. Après discussion, on avait écarté la nitro-glycérine, tout en lui reconnaissant un pouvoir explosif treize fois plus considérable qu'à la poudre; mais on craignait de ne pouvoir en limiter facilement les effets.

A *Kéokuk*, les rapides dits des Moines présentent, sur 12 kilomètres, une pente totale de $6^m,70$, soit 0,55 par kilomètre, en moyenne.

La largeur du fleuve se trouve réduite à 1 370 mètres au lieu de 2000 mètres qu'il possède à l'amont et à l'aval. Le fond est du calcaire dur dont la stratification suit l'inclinaison du courant. Le projet définitivement adopté pour la rectification de ces rapides consiste dans la création d'un canal de 12 kilomètres placé dans le lit même du fleuve, contre l'une de ses rives, et dans le percement d'une grande tranchée dans le roc pour franchir le haut-fond supérieur.

Le canal est isolé du fleuve par une digue longitudinale en terre revêtue de pierres. Ses dimensions sont :

Profondeur, $1^m,52$ en contre-bas de l'étiage, de manière à obtenir $2^m,42$ de tirant d'eau lorsque la rivière est à $0^m,90$ au-dessus de l'étiage;

Largeur, $91^m,50$ en général, mais réductible, en quelques points, à 61 mètres.

Deux écluses de $91^m,50$ de longueur de busc en busc, et $24^m,40$ d'ouverture, rachètent une chute totale de $5^m,60$. L'estimation de la dépense de ce projet ne s'élevait pas à moins de 20 000 000 de francs.

M. Malézieux donne, à propos de ce projet, quelques détails sur les circonstances qui ont précédé sa mise à exécution. Il fait remarquer avec quel entrain des affaires aussi considérables sont, aux États-Unis, amenées à réalisation. Malgré l'opposition d'une des Chambres (le Sénat), les travaux furent projetés, examinés par deux commissions, définitivement approuvés et commencés dans l'espace de moins d'une année. Ces détails sont curieux à lire.

Combien de temps aurait-il fallu, chez nous, pour faire suivre à cette idée toutes les phases de la conception, de l'étude et de l'approbation? Sans doute au moins quatre ou cinq ans. Nous aurions, dans bien des cas, je crois, avantage à suivre, au moins en partie, la méthode américaine.

En dehors de la rectification des Rapides de Rock-Island et de Kéokuk, les travaux d'entretien et d'amélioration du parcours général du Mississipi consistent presque exclusivement en draguages et en redressements. Ils donnent lieu à quelques applications intéressantes des bateaux excavateurs du lieutenant-colonel Long et du général Mac-Alester.

A l'embouchure du fleuve, on fait usage également, pour maintenir le chenal au passage de la barre, de bateaux à hélices coniques à axe horizontal. Ces hélices,

animées d'un mouvement de rotation rapide, désagrègent le sol, qui se trouve ainsi entraîné par les courants de marée, dans les bas-fonds d'amont ou d'aval.

Le Missouri. — Le Missouri fournit un parcours de 4,680 kilomètres. Sa largeur est généralement de 900 mètres. Dans les plateaux supérieurs, il présente de nombreux rapides, et, dans la plaine, le lit est fréquemment obstrué de bancs de sable et de snags.

La vitesse du courant est, en moyenne, de 5 kilomètres à l'heure. En temps de crue, elle s'élève à 8 ou 9 kilomètres. On comprend quelles peuvent être les conséquences de ces vitesses : déplacements du lit, obstructions partielles, etc.; aussi, pour cette rivière, de même que pour le Wisconsin, la Minnesota et l'Arkansas, qui sont dans des conditions analogues, l'entretien consiste simplement à opérer des draguages locaux en temps opportun et à enlever les troncs d'arbres. On parvient ainsi à faire remonter les steam-boats jusqu'au pied des Montagnes-Rocheuses.

L'Illinois et le canal de jonction au lac Michigan. — La rivière d'Illinois est intéressante, en ce que, jointe au canal Michigan, elle réunit les voies navigables du Nord et du Sud, et constitue ainsi un circuit complet de Saint-Louis à New-York, soit par les lacs et le Saint-Laurent, soit par le Mississipi et la mer.

Le canal de jonction au lac Michigan aboutit à la rivière de Chicago, à six kilomètres du centre de cette ville. Il a 128 kilomètres de longueur et des dimensions transversales analogues à celles de nos grands canaux de France.

Un projet est présenté pour augmenter ces dimensions, qui deviendraient alors : Largeur de la cuvette, 48m,80 (au lieu de 11 mètres); profondeur d'eau, 2m,30 au moins (au lieu de 1m,83); dimension des écluses, 109 mètres de longueur et 22m,87 d'ouverture (au lieu de 33m,35 et 5m,49).

En même temps, le *bief* de partage, dont le fond se trouve à 2m,75 au-dessus du plan d'eau du lac Michigan, serait abaissé au niveau du lac. Ce dernier travail, s'exécutait en 1870, dans l'intérêt de l'assainissement de la ville de Chicago, qui comptait, par ce moyen, déverser dans le canal et entraîner dans les eaux du lac le produit de ses égoûts. Ces travaux employaient dix-neuf dragues à cuiller, une drague à chapelet et une drague Morris et Cumming's.

L'Ohio. — L'Ohio est le cours d'eau qui parcourt les plus riches contrées industrielles et agricoles des États-Unis. Son développement, de Pittsburg à Cairo, est de 1,800 kilomètres. Comme dans presque toutes les autres rivières, on y rencontre des hauts-fonds et des troncs d'arbres; mais le plus grand obstacle naturel qu'il oppose à la navigation, c'est les rapides, ou plutôt les chutes voisines de Louisville. Sur cinq kilomètres environ de longueur, la pente totale atteint 8 mètres. Pendant 300 jours de l'année, ces rapides sont infranchissables. On a dû les contourner par le canal de Louisville à Portland.

Ce canal a 3 kilomètres de parcours, une largeur de cuvette de 19m,50 et trois écluses de 61 mètres de longueur, 15m,15 de largeur et 2m,64 de chute.

Déjà, la Compagnie à laquelle il appartient a entrepris la reconstruction sur des dimensions plus grandes; faute de fonds, elle a dû s'arrêter; mais le Congrès a demandé de nouvelles études, dans l'intention de reprendre les travaux dans l'intérêt général. Le point principalement controversé est la dimension à donner aux nouvelles écluses. On discute si 106m,75 de longueur et 24m,40 de largeur suffiront, ou bien

si l'on doit adopter 122 mètres de longueur et 33^{m},50 de largeur. On paraît devoir s'arrêter à 122 mètres de longueur, 30^{m},50 de largeur et 1^{m},83 de profondeur.

II. — Bassin de l'Atlantique.

L'Hudson. — Dans le bassin de l'Atlantique, le fleuve qui a le plus d'importance est l'Hudson, qui met en relations les deux villes d'Albany et de New-York, et qui relie le canal Érié (et par conséquent la ligne des grands lacs) avec la mer. La réunion de l'Hudson avec le canal Érié s'opère à Troy, où un barrage établi sur la rivière forme un grand bassin, dans lequel débouche le canal.

De New-York à Albany, les steam-boats jouissent d'un tirant d'eau de 2^{m},85. La marée se fait sentir jusqu'à Troy, où elle est encore de 0^{m},53, tandis qu'elle est de 0,74 à Albany, 1^{m},07 à New-Baltimore, et 1^{m},35 à New-York. On utilise ce courant de marée pour maintenir la profondeur du chenal; pour cela, on établit des digues assez rapprochées, afin que le courant du flot conduise le plus haut possible et en grande masse, l'eau de la mer. Cette eau, en s'écoulant en sens contraire lors du jusant de basse mer, forme un courant propice à l'entretien du chenal. Ce système, combiné avec des draguages judicieux, paraît donner de bons résultats.

III. — Bassin du Saint-Laurent.

Dans le bassin du Saint-Laurent, le rapport que nous étudions considère d'abord dans son ensemble la grande ligne navigable qui va du lac Supérieur à l'Océan, puis il énumère les ports de la rive américaine sur les lacs, et il passe en revue les rivières et canaux qui servent de traits-d'union entre les lacs et le fleuve Saint-Laurent, et enfin il décrit la ligne navigable qui relie le fleuve Saint-Laurent à l'Hudson. Nous signalerons seulement les faits suivants :

Ligne navigable des grands lacs et du fleuve Saint-Laurent. — Les lacs Supérieur et Michigan communiquent tous deux avec le lac Huron, le premier par le saut Sainte-Marie, le second, par le détroit de Michilli-Mackinac.

Le lac Huron déverse ses eaux dans le lac Érié, par les canaux Sainte-Claire et de Détroit, de même que les eaux du lac Erié descendent dans le lac Ontario par le canal et les chutes du Niagara. Enfin, le lac Ontario débouche lui-même dans le fleuve Saint-Laurent, par où toutes ces eaux s'écoulent à la mer.

Le développement de cette voie navigable comprend :

Le lac Supérieur	627^{km}.6
Rivière et canal Sainte-Marie	88 .6
Lac Huron	434 .5
Rivière et lac Sainte-Claire et de Détroit	122 .3
Lac Érié	373 .3
Canal Welland parallèle au Niagara	43 .4
Lac Ontario	273 .6
Fleuve Saint-Laurent.	
Du lac Ontario à Montréal	286 .4
De Montréal à Québec	257 .5
Golfe Saint-Laurent	1329 .2
En total	3836 .4

Soit à 300 kilomètres près la distance qu'il y a de Liverpool à l'entrée du Saint-Laurent, distance qui est de 4,137 kilomètres.

Les altitudes sont :

Au lac Supérieur.	183 mètres.
Au lac Huron.	176 —
Au lac Érié.	172 —
Au lac Ontario..	71 —
Au lac Saint-François sur le Saint-Laurent, à 55 kilomètres en amont de Montréal.	43 —
Au lac Saint-Louis, 18 kilomètres plus bas.	18 —

Les canaux qui tournent le saut Sainte-Marie, la chute et les rapides du Niagara et les rapides du fleuve Saint-Laurent en amont de Montréal, présentent 56 écluses qui rachètent une chute totale de 170m,04.

Sauf les 24 écluses du canal Welland qui n'ont que 45m,75 de longueur et 8m,08 de largeur, les autres présentent au moins 61 mètres de longueur et 13m,72 de largeur.

Le mouillage est partout d'au moins 2m,75.

Cela permet de livrer passage aux navires de 400 à 600 tonneaux, mais il y aurait intérêt, suivant M. Malézieux, à porter à 1,000 tonneaux le jaugeage des bateaux auxquels ces canaux devraient donner passage. En effet, les navires qui font le service de Chicago à Buffalo portent 900 tonneaux ; ils pourraient donc aller jusqu'à l'Océan avec leur complet chargement, composé exclusivement de céréales, dont une partie vient en Europe.

Les ports des grands lacs. — Les ports des grands lacs ne sont guère que des ports de refuge créés au moyen de jetées qui partent de la rive et s'avancent à peu près normalement dans le lac. Ces jetées sont constituées de coffrages en charpente dans lesquels on noie des enrochements (crib-works). Ils coûtent de 1,000 à 1,200 fr. le mètre courant. On les immerge en ligne et on les surmonte d'autres coffrages analogues, suivant les besoins. C'est ainsi que sont construites les jetées du port de Chicago dont l'importance ressort des chiffres suivants :

En 1870, le nombre des navires partis a été de 13,504, d'un jaugeage total de 2,887,305 tonneaux, et les recettes du port ont été de 3,438,765 fr.

Le fleuve Saint-Laurent. — Quant à la navigation sur le fleuve Saint-Laurent, elle est surtout difficile en amont de Montréal, par suite des rapides qu'il présente.

Si les bateaux à vapeur peuvent les descendre, moyennant de bons pilotes, ils ne peuvent les franchir à la remonte, et sont obligés de suivre les dérivations. Un autre obstacle est la glace qui empêche toute navigation pendant cinq mois de l'année, du commencement de décembre jusqu'à la fin d'avril. Pour suivre leur route à la descente au milieu des îles, et dans la traversée des lacs du Saint-Laurent, les bateaux sont guidés par des feux flottants peints en rouge et en blanc qui se distinguent à une grande distance.

A la remonte, la navigation se fait par le remorquage pour lequel il existe un service régulier subventionné par le Canada.

On peut voir par l'exposé ci-dessus des conditions de la navigation sur les principales rivières des États-Unis, avec quelle énergie, quelle persévérance et quel succès les Américains luttent contre les difficultés de tous genres qu'ils rencontrent, afin d'assurer la continuité de leurs voies navigables. Cela me fait involontairement penser à notre Rhône et à notre Loire si délaissés sous ce rapport que les bateaux à vapeur peuvent à peine s'y risquer, et pourtant les obstacles qu'ils présentent ne sont pas plus insurmontables que ceux du Haut-Mississipi, du Missouri et du fleuve Saint-Laurent.

DEUXIÈME SECTION.

DES CANAUX.

Il existait en 1870 aux États-Unis	7 580	kilomètres de canaux construits.
Étaient en contruction ou à l'étude	1 421	kilomètres,
Soit ensemble.	9 003	kilomètres.

Comme comparaison, nous possédions en France, en 1870, comme voies navigables : fleuves, rivières et canaux, 11 077 kilomètres, dont :

Canaux.	4 754	kilomètres.
Rivières canalisées.	3 223	»
Rivières non canalisées.	3 000	»

C'est spécialement sur le réseau des canaux de l'État de New-York, que M. Malézieux appelle l'attention pour faire connaître les caractères principaux des voies d'eau artificielles aux États-Unis. Il en donne la description d'une manière très-complète. Suivons-le tout d'abord dans l'exposé sommaire qu'il fait des travaux d'art spéciaux, nous trouverons là encore quelques faits caractéristiques de l'industrie américaine et des exemples intéressants.

CHAPITRE PREMIER.

Ouvrages d'art spéciaux sur les canaux.

Écluses de chute, leur construction. — Les Américains emploient sur une très-grande échelle le bois à la construction des écluses. Les bajoyers sont généralement fondés sur une plate-forme en charpente composée de traverses reposant sur des longrines ou même sur le gravier et recouverte d'un plancher de 0,05 d'épaisseur.

Le radier qui s'étend entre les deux bajoyers est également formé d'un plancher en madriers. Enfin les bajoyers sont quelquefois eux-mêmes en charpente.

Cependant, là où les carrières sont assez facilement accessibles, et les pierres de bonne qualité, on adopte maintenant de préférence les bajoyers en maçonnerie, mais on conserve le système de fondations sur plate-forme en charpente.

Disposition des écluses.— Quant aux dispositions des différentes parties des écluses, elles sont toutes combinées de manière à faciliter le passage des bateaux et à réduire au minimum le temps nécessaire à cette opération. Ainsi on les rapproche du chemin de halage en déviant l'axe du canal dans le but de rendre l'entrée et la sortie plus directes.

Ainsi des dépenses importantes sont faites pour que le remplissage et la vidange des sas s'effectuent avec une promptitude dont nous n'avons pas d'idée en France.

Pour cela les moyens sont tout autres que ceux que nous connaissons : les vannes des portes qui, chez nous, servent généralement seules à l'écoulement des eaux, n'y sont, en Amérique, employées qu'accessoirement. Il existe en avant du mur de chute un avant-mur de chute, et entre ces deux murs règne un espace libre par où l'eau s'écoule en traversant le mur de chute percé à cet effet. L'eau arrive dans l'écluse par le fond, sur toute la longueur à la fois et parallèlement à l'axe au moyen d'aqueducs à grande section, dont l'origine se trouve dans le plancher même de la chambre d'amont. Les orifices sont fermés par des ventelles horizontales que l'on ouvre du haut des bajoyers en les faisant tourner autour d'un axe horizontal placé en leur milieu dans une direction parallèle à l'axe de l'écluse. On conçoit que ces ventelles s'ouvrant toutes à la fois et tout en grand, le remplissage s'opère avec une grande rapidité.

Pour la vidange, des dispositions analogues sont prises. Les aqueducs d'évacuation ménagés dans les bajoyers ont une grande hauteur pour compenser leur faible largeur. Ils sont largement ouverts à l'eau dans toute la longueur de l'enclave, et munis de plusieurs ventelles à axes horizontaux, manœuvrés du haut du bajoyer.

Grâce à ces moyens, un bateau peut traverser, montre en main, une écluse en quatre minutes. En France, on emploie souvent quarante minutes pour opérer le passage, et dans un traité de navigation intérieure récemment publié, il est indiqué qu'une durée minimum de vingt minutes est indispensable.

Portes à rabattement.— Un autre fait très-intéressant pour la construction des écluses est l'emploi des portes se rabattant vers l'amont; cette disposition paraît donner les meilleurs résultats. Le rapport décrit une de ces portes placée à une écluse du canal Érié et dont les dimensions sont :

Largeur.	5m.80
Hauteur d'eau normale.	2 .135
Chute.	3 .02
Hauteur des bajoyers.	6 .10

Lorsqu'elle est fermée, la porte est droite, mais pourtant un peu en deçà de la verticale pour pouvoir retomber par son propre poids, lorsque le sas est plein. Elle s'applique contre des montants fixes à face plane, ce qui forme une très-bonne fermeture. En s'ouvrant elle se couche et vient reposer sur un cadre en charpente placé en aval du mur de chute. La manœuvre du relèvement s'opère au moyen

d'une chaîne sans fin qui est fixée d'une part à la tête de la porte et qui, d'autre part, vient se fixer sur l'arbre d'un treuil après s'être enroulée sur 2 poulies de renvoi.

Les avantages que l'on accorde à ce système sont ceux-ci :

1° A hauteur égale la porte à rabattement a moins de longueur que les portes busquées;

2° Elle est plus simple de construction;

3° Elle se manœuvre plus facilement et plus rapidement;

4° Les dimensions de la chambre d'amont se trouvent réduites à la hauteur de la porte, tandis qu'avec les portes busquées la longueur de la chambre est d'autant plus grande que les écluses ont plus de largeur. Cette dernière condition est à prendre en considération, surtout pour les écluses nouvelles que l'on tend à faire de 24 à 30 mètres de largeur.

Autres dispositions de portes d'écluses. Le rapport cite deux autres innovations pour les portes d'écluses; l'une existe au Canada et consiste à former les portes de simples traverses horizontales planées et réunies entre elles par de grands boulons verticaux. On supprime ainsi le poteau tourillon, le poteau busqué, le bordage, et cette disposition présente une grande simplicité de construction, d'autant plus qu'on peut y employer le bois de sapin au lieu de faire usage exclusivement de bois de chêne comme pour les portes ordinaires.

L'autre innovation consiste à remplacer pour les grandes écluses de 24 à 30 mètres de largeur le galet de roulement qui soutient habituellement l'extrémité du ventail, par un système de suspension supérieur analogue à la volée d'un pont tournant et qui passe sur un support en fonte disposé à l'aplomb du poteau tourillon, à 2 ou 3 mètres au-dessus du couronnement de l'écluse.

Écluses de pesage. — La constatation du tonnage des bateaux se fait en Amérique de plusieurs manières, mais celle qui donne les meilleurs résultats est l'écluse de pesage. Le bateau est mis à sec, dans un sas fermé par des portes busquées en sens contraire, sur un grillage formant la plate-forme d'une sorte de pont à bascule.

Le bateau, préalablement pesé à vide, est ensuite pesé chargé; on obtient ainsi des poids rigoureux, mais ces appareils ne sont pas sans inconvénients. Ils sont une cause de perte de temps et de détérioration des bateaux. Nous obtenons en France des résultats tout aussi satisfaisants par l'obligation du jaugeage préalable des bateaux qui obtiennent l'autorisation de naviguer.

CHAPITRE II.

Les canaux de l'état de New-York.

Description. — L'ensemble des canaux de l'État de New-York comprend :

1° La voie principale. Elle se compose d'une partie du cours de l'Hudson, allant de New-York à Albany (environ 232 kilomètres), et du canal Érié qui va d'Albany à Buffalo sur le lac Érié (564 kilomètres).

2° Sept embranchements qui relient cette voie principale au Nord avec le lac Cham-

plain, la rivière Black, le lac Onéida et le lac Ontario, et au Sud avec la rivière Susquehana, avec les trois petits lacs Cayuga, Sénéca, Crooked et la rivière Chemung, enfin avec la rivière Alléghany. Ces embranchements ont ensemble une longueur de 895 kilomètres, ce qui fait pour la voie principale et les embranchements, sans y comprendre le cours de l'Hudson, 1460 kilomètres.

Sans entrer dans le détail du tracé de ces différents canaux, je dirai que le canal Érié descend successivement pendant 300 kilomètres, depuis Buffalo, sur le lac Érié, jusqu'à Syracuse, point d'embranchement du canal Oswégo qui aboutit à cette ville même au lac Ontario. Peu après se trouve le bief de partage dont la longueur est de 90 kilomètres, et qui se termine près de la ville d'Uttica. De là, le canal descend progressivement jusqu'à Albany.

L'alimentation est assurée pour 1/4 environ par les eaux du lac Érié, et pour le reste par 23 prises d'eau, rigoles ou réservoirs. Le débit total est de $67^{mc},45$ par seconde, soit 242 820 mètres cubes à l'heure.

Des réservoirs. — Les réservoirs présentent quelques particularités intéressantes.

Plusieurs d'entre eux ont des dimensions considérables; celui du bief de Jordan a un bassin alimentaire de 8 910 hectares, une surface couverte de 891 hectares, une profondeur moyenne de $3^m,05$. Sa capacité est de 27 millions de mètres cubes.

Celui de Woodhull contient 25 millions de mètres cubes; sa superficie est de 537 hectares, et sa profondeur moyenne $5^m,49$.

Le réservoir de North-Branch peut être rempli deux fois par an. La profondeur d'eau est $8^m,54$, sa superficie 171 hectares, sa contenance 8 800 000 mètres cubes.

Le réservoir de Ruyter est limité par une digue en terre avec un diaphragme en corroi de $6^m,10$ de largeur, et un revêtement en pierre à l'amont. La hauteur maximum est de $27^m,80$, la largeur de couronne de $6^m,10$, l'inclinaison des talus est de deux pour un à l'amont, et de trois pour un à l'aval; trois conduites d'évacuation de $0^m,560$ de diamètre sont placées dans une galerie inférieure dont le plancher est supporté par 4 files de pieux.

Profil et dimension des canaux. — Pour le moment, le profil transversal adopté après plusieurs essais présente les dimensions suivantes pour le parcours courant des canaux.

Largeur au fond.	$17^m.08$
Largeur en cuvette.	22 .87
Hauteur de la cuvette.	2 .60

Les talus sont à 45° perreyés.

Les dimensions de la cuvette et des écluses étaient dans l'origine :

Profondeur d'eau.	$1^m.22$
Largeur au fond.	8 .54
Ouverture des écluses.	4 .57
Largeur du sas.	27 .45

Elles sont devenues sur le canal Érié et sur ceux d'Oswégo, des lacs Cayuga et Séneca :

Profondeur d'eau..	$2^m.13$
Largeur au fond.	17 .08
Ouverture des écluses.	5 .49
Largeur du sas.	33 .55

Ces dernières dimensions se rapprochent de celles de nos grands canaux de France, mais elles seront certainement augmentées prochainement.

Tonnage des bateaux. — Passage des écluses. — Les bateaux qui circulent sur les 1460 kilomètres de canaux qui nous occupent sont au nombre de plus de 7000, dont le tonnage varie de 200 à 100 tonneaux, puis de 90 à 60 tonneaux.

On comprend que, dans ces conditions, l'encombrement soit à craindre et à prévoir, aussi tout concourt-il à la rapidité des passages aux écluses dont les 3/4 sont déjà doublées et fonctionnent jour et nuit. On obtient ainsi, avec l'emploi des moyens déjà décrits, aux écluses simples, jusqu'à 190 passages en vingt-quatre heures, et aux écluses doubles, jusqu'à 310 passages dans le même temps. Cela donne, pour le temps pratiquement employé en moyenne pour une éclusée, de 7 minutes et demie à 8 minutes.

Je crois que nous pourrions faire en France un utile profit de ces faits.

CHAPITRE III.

Exploitation des canaux.

Le chapitre de l'exploitation des canaux n'est pas le moins instructif de l'ouvrage de M. Malézieux.

Il se divise en quatre articles :

1° Administration.
2° Mode d'entretien.
3° Exploitation technique.
4° Exploitation commerciale.

J'insisterai plus particulièrement sur le premier et le dernier article.

ADMINISTRATION DES CANAUX.

Elle est confiée à un conseil d'administration composé :

1° *De la commission des finances* formée par cinq membres pris parmi les hauts fonctionnaires de l'État de New-York.

2° *De la commision des canaux.*

3° *De l'ingénieur en chef des canaux.*

C'est à la commission des canaux qu'appartient la surveillance de l'exploitation et des travaux de construction, d'amélioration et d'entretien.

Ces fonctions sont exercées par trois commissaires des canaux, assistés par des ingénieurs indépendants.

Le service est partagé en trois divisions, dont chacune est dévolue à l'un des commissaires; à chaque division également sont attachés un ingénieur divisionnaire et un ingénieur résidant, lesquels, sous le rapport technique, sont tous sous les ordres de l'ingénieur en chef des canaux.

Le conseil d'administration fixe les tarifs, nomme à tous les emplois administratifs, ordonne les réparations extraordinaires et réglemente la police des canaux.

La comptabilité est centralisée entre les mains d'un auditeur des canaux; cet auditeur est de droit secrétaire de la commission des finances, ainsi que du conseil d'administration.

Les marchés sont passés par un comité spécial dont font partie les commissaires des canaux, l'ingénieur en chef et l'auditeur du service.

On distingue en outre : *les appréciateurs* chargés d'apprécier les dommages causés aux particuliers par suite de la construction des canaux. Ils sont au nombre de quatre; *les receveurs des droits* de navigation au nombre de trente-huit; *les surintendants de l'entretien*, sortes de conducteurs-chefs de section, au nombre de vingt-huit; enfin sept préposés au pesage et quatorze inspecteurs et compteurs.

La police des canaux est extrêmement rigide, tant pour la perception des droits dus à l'État qu'en ce qui concerne la hauteur du chargement et le tirant d'eau autorisé. Chaque agent de l'administration a droit de faire respecter le règlement, de faire décharger les bateaux en contravention et d'infliger une amende de 25 dollars s'il y a récidive.

Mode d'entretien. — Après avoir reconnu les inconvénients du système d'entreprise par la régie des surintendants (système au moyen duquel les fonds destinés aux travaux servaient souvent à payer de tout autres dépenses, voire même des dépenses électorales) et du mode d'entretien à forfait, on paraît devoir arriver au système d'adjudication sur série de prix, à peu près comme il se pratique en France.

Exploitation technique. — Rien de remarquable n'est à signaler relativement au mode de traction des bateaux. Le touage n'existe pour ainsi dire pas encore en application aux États-Unis. Ce sont les chevaux ou les mulets qui desservent les canaux avec une vitesse de 2 kilomètres et demi à l'heure en moyenne.

Il paraît extraordinaire que dans ce pays où les rivières et les lacs sont sillonnés de bateaux à vapeur parfaitement appropriés à leur destination, on n'ait pas encore résolu le problème de la traction à vapeur sur les canaux. Préoccupé de cet état de choses, l'État de New-York a institué un prix de 100,000 dollars à celui qui construira le meilleur remorqueur sur les canaux. On attend encore le résultat de ces encouragements.

EXPLOITATION COMMERCIALE.

Sous ce titre, se trouvent réunis une série de documents statistiques très-instructifs sur ce que l'on peut appeler la valeur industrielle et commerciale des canaux de l'État de New-York.

Classification des produits. — Les produits transportés sont divisés en quatre classes :

1re Classe : *Produits des forêts.* — Fourrures et bois de toutes sortes.

2e Classe : *Produits de l'agriculture.* — Produits des animaux : Viandes, laine et peaux, comestibles, végétaux, céréales, farines, malt d'orge, légumes et fruits, coton, tabac, chanvre, herbes, graines, etc.

3e Classe : *Produits fabriqués.* — Esprits, cuirs, meubles, plomb, fontes et fers bruts, lainages, cotonnades, etc. Sucre, café, rails, verreries, poteries, etc.

4e Classe : *Produits divers.* — Bétail, pierre, plâtre, charbon, minerais, etc.

Mouvement. — Le mouvement sur les canaux, pendant l'année 1869, est résumé dans le tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION.	TONNAGE.	VALEUR.	DROITS PERÇUS.
	tonnes.	fr.	fr.
Produits forestiers...........	1.856.000	109.500.000	5.200.000
Produits de l'agriculture......	1.314.000	277.600.000	8.800.000
Produits fabriqués............	611.000	587.400.000	1.350.000
Produits divers...............	2.078.000	273.900.000	2.680 000
Voyageurs et bateaux vides....	»	»	850.000
En total..........	5.859.000	1.248.400.000	18.800.000

Ces transports équivalent à 1 500 millions de tonnes kilométriques.

Comparaison avec les chemins de fer concurrents. — Tandis que les canaux effectuaient ces transports, les deux chemins de fer concurrents, celui du centre et le chemin de fer de l'Érié transportaient ensemble 6,594,000 tonnes, soit à peu près la même quantité, sauf un neuvième en plus seulement.

Évaluations diverses relatives au trafic, en 1869. — Si l'on recherche l'importance relative des différents produits transportés, on trouve que :

SUR LES TRANSPORTS.	PAR CANAUX.	PAR CHEMINS DE FER.
Les produits forestiers entrent pour............	0.35	0.05
Les produits divers, matériaux de construction, charbon et minerais pour..................	0.35	0.50
Les céréales pour..........................	0.20	0.15
Les autres produits de l'agriculture et les produits fabriqués pour..........................	0.10	0.30
Total..............	1.00	1.00

50 °/₀ de tous ces produits ont été embarqués sur le canal Erié.

16 °/₀ sur le canal Champlain (ligne de jonction avec le Saint-Laurent).

16 °/₀ sur le canal *Oswégo* (ligne de jonction avec le lac Ontario).

Comme destination plus de la moitié de ce tonnage, 54 p. °/₀ arrivaient à la mer dont 34 p. 100 provenant des États de l'Ouest, et 20 p. °/₀ provenant des États du Nord ou de celui de New-York; 30 p. 100 formaient le tonnage intérieur de l'État de New-York, et 16 p. 100 venaient de la mer à destination de l'intérieur.

J'ai dit plus haut que le nombre de tonnes kilométriques transportées avait été, en 1869, environ 1,500,000,000 tonnes kilométriques, le nombre de tonnes transportées à toute distance ayant été de 6,000,000 tonnes, il s'ensuit que chaque tonne a été transportée en moyenne à 250 kilomètres.

On conçoit aisément que, dans ces conditions, le fret doit être très-minime par

tonne et par kilomètre. C'est ce que nous obtiendrions de même en France, si l'état de nos voies navigables permettait d'en faire un instrument de transit important.

Estimation du fret. — Il est très-intéressant à ce sujet d'étudier le tableau dressé par l'ingénieur en chef de l'État de New-York, M. Mac-Alpine, pour les prix de transports payés, en 1853, par tonne kilométrique, sur différentes voies de transport, savoir (en centimes de franc) :

		cm.
Sur l'Océan	Long trajet	0,5
	Court trajet	0,6 à 1,6
Sur les grands lacs du Nord	Long trajet	0,6
	Court trajet	0,9 à 1,2
Sur les rivières	L'Hudson	1,3
	Saint-Laurent et Mississipi	0,9
	Affluents	1,6 à 3,2
Sur les canaux	Canal Érié agrandi	1,2
	Autres canaux de même dimension, mais plus courts	1,6 à 1,9
	Canaux de dimensions ordinaires	1,6
	Mêmes canaux avec encombrements aux écluses	1,9 à 2,5
Sur les chemins de fer	Bonnes conditions d'établissement	1,9 à 3,1
	Tracés et pentes peu favorables	3,9
	Fortes pentes	4,7 à 6,2

L'agrandissement du canal Érié a produit sur le fret une réduction de 50 p. 100 en permettant aux bateaux de 210 tonnes de circuler sur ce canal. Les ingénieurs américains calculent que si l'on exécute les nouveaux agrandissements pour livrer passage aux bateaux de 690 tonnes, le fret serait de nouveau réduit de 50 p. 100 du fret actuel et deviendrait 0c,6 par tonne et par kilomètre.

Droits de navigation. — Aux chiffres précédents qui donnent le fret par tonne et kilomètre, il faut ajouter les droits de navigation qui sont variables avec la nature des matières transportées, divisées à cet effet en huit catégories.

Les charbons, minerais, pierre, sable, glace, pétrole, placés dans la première catégorie, payent par tonne et kilomètre. 0c. 342

Les matériaux de construction, coton, café, sel, fers et fontes bruts, etc. (2e catégorie) payent deux fois autant. 0c. 685

Les céréales, fers et fontes ouvrés, tabac, etc. (3e cat.) trois fois autant. 1c. 027

Pour les autres marchandises, ces droits augmentent suivant la valeur ou l'encombrement et atteignent jusqu'à dix fois le droit imposé aux marchandises de la 1e catégorie, soit. 3c. 425

Les bois en train payent quatre fois plus de droits qu'en bateaux.

En moyenne, les droits perçus sur toutes les marchandises réunies seraient 1c,3 par tonne et par kilomètre ; c'est beaucoup plus que les droits perçus actuellement en France, lesquels varient de 0c,2 et même 0c,1 à 2c,5 et dont la quotité moyenne est de 0fr,00cm,77.

Situation financière. — Pendant trente-trois années, de 1837 à 1869, l'excédant des droits de navigation sur les frais d'entretien et d'exploitation a été, en moyenne, de 10 millions chaque année.

Les dépenses faites pour l'établissement et l'amélioration des canaux ayant atteint environ 350,000,000 francs, ce capital doit être aujourd'hui à peu près complétement remboursé.

On peut juger par ce résultat remarquable quelle est la vitalité de ces entreprises de canaux.

CONCLUSION SUR L'EXPLOITATION.

Malgré un chômage forcé de trois ou quatre mois par année, par suite de la rigueur du climat, le canal Érié soutient avec succès la concurrence que lui font les chemins de fer établis parallèlement à son cours, concurrence qui est aussi acharnée qu'elle peut l'être et qui s'exerce par tous les moyens, même par l'emploi de tarifs différentiels tout aussi exagérés que ceux qui ont été créés dans notre pays par les grandes Compagnies de chemins de fer dans le but de tuer la batellerie.

Le relevé des tonnages et des prix payés sur les canaux et les chemins de fer de l'État de New-York pendant dix années, de 1859 à 1868, laisse encore l'avantage aux canaux autant comme importance en tonnage kilométrique que comme prix de transport. Ce prix est, en effet, deux fois moindre et quelquefois trois fois moindre que sur les chemins de fer. Ainsi tandis que les prix moyens de la tonne kilométrique, payés sur les canaux pendant ces dix années, varient de 2c,10 à 3c,60, ces prix sur les chemins de fer varient de 5c,40 à 8c,60 et même 10c,34.

On peut donc croire que notre navigation intérieure serait de même florissante si l'exploitation des canaux trouvait des moyens de traction aussi perfectionnés que ceux employés sur les chemins de fer, et si des améliorations successives amenaient une plus grande rapidité et une plus grande régularité dans les transports par eau.

C'est là surtout, et non pas dans l'abaissement des droits de navigation sur les canaux, qu'il faut chercher la possibilité pour nos voies navigables de faire aux chemins de fer une concurrence avantageuse. — Et, loin que le développement du transit par canaux pût nuire aux voies rivales, il produirait, au contraire, un grand courant d'industrie favorable aux uns et aux autres.

CHAPITRE IV.

Conclusions sur les canaux.

Si, pour terminer cet exposé, nous comparons les renseignements statistiques ci-dessus aux données analogues que j'ai pu recueillir pour l'ensemble des voies navigables de France, fleuves, rivières et canaux, nous trouvons que le tonnage kilométrique dans les deux systèmes est à peu près le même, soit de 1450 à 1500 millions de tonnes kilométriques. Or le développement des canaux de l'État de New-York est de 1460 kilomètres, tandis que celui des voies navigables françaises est de 11,000 kilomètres, soit huit fois plus considérable; mais, tandis que les canaux de l'État de New-York transportent 6,000,000 tonnes absolues à une distance de 240 à 250 kilo-

mètres, en France nos voies navigables transportent 36,000,000 tonnes absolues avec une moyenne de distance de 40 kilomètres, soit six fois plus de tonnage absolu, il est vrai, mais transporté à une distance six fois moindre. Ce résultat est remarquable ; ne prouve-t-il pas clairement que ce n'est pas la marchandise à transporter qui nous manque, mais que ce sont les moyens de *transporter loin économiquement* qui font défaut ; ne rend-il pas bien compte de l'effet produit par la division extrême de nos canaux avec leurs dimensions différentes, leurs exigences variables, leurs tarifs et leurs droits tellement dissemblables qu'ils ne servent au trafic que dans un faible rayon, soit sur leurs parcours, soit avec leurs voisins les plus proches.

Les prix des transports par canaux varient, en Amérique, de 1c,5 à 3c,8 par tonne et par kilomètre, en y comprenant les droits de navigation. En France, ces prix varient de 2c,5 à 6 et 7 cent.

En Amérique, malgré les droits de navigation plus élevés, ces prix sont presque toujours inférieurs aux plus bas prix des chemins de fer ; en France, au contraire, ils leur sont presque toujours égaux et très-souvent supérieurs.

Nos droits de navigation, en France, varient suivant les canaux et non suivant la nature des marchandises. Mieux inspirés que nous, les Américains imposent le transport de la marchandise suivant sa valeur. De cette façon les marchandises de peu de valeur s'expédient plus volontiers, parce qu'elles payent très-peu de droits, et comme elles s'envoient par grandes quantités à la fois, elles enrichissent tout autant le trésor que les autres marchandises pour le déplacement desquelles le payement d'un droit plus ou moins élevé n'a pas la même influence.

J'ai dit plus haut que le trafic des canaux de New-York se résume en 6,000,000 tonnes transportées à 250 kilomètres chacune et que le produit des droits de navigation est de près de 18,000,000 de francs pour 1460 kilomètres de canaux ; chaque tonne transportée rapporte donc en moyenne 3 francs à l'État et chaque kilomètre produit en moyenne une recette de 12,328 francs.

En France, le produit des droits de navigation n'est que de 11,000,000 de francs pour 11,000 kilomètres de voies navigables et pour un trafic de 36,000,000 de tonnes transportées à 40 kilomètres.

Chaque tonne transportée ne rapporterait donc au trésor que 0,30 au lieu de 3 francs et le produit moyen par kilomètre serait à peine de 1,000 francs au lieu de 12,000 francs.

Il est inutile d'insister sur ces chiffres, il suffit de les constater.

Tous les canaux créés en Amérique ne donnent pas, il est vrai, des résultats aussi satisfaisants que les canaux de l'État de New-York ; bon nombre même de ces entreprises ont sombré parce qu'elles étaient mal conçues ou d'une utilité contestable, mais il n'en ressort pas moins de cette étude qu'il y a infiniment mieux à faire en France que ce qui existe. Nous avons tous les éléments nécessaires, réunissons-les, coordonnons-les, créons pour le transit de grandes artères navigables, relions non-seulement les bassins de nos fleuves entre eux, mais aussi les différents ports de notre littoral avec l'intérieur. Supprimons tous les obstacles qui s'opposent à la continuité, à la régularité de la navigation et nous travaillerons ainsi efficacement et sûrement à la prospérité de notre industrie.

ANALYSE

DU RAPPORT DE MISSION DE M. MALÉZIEUX

Ingénieur en chef des ponts et chaussées

SUR LES

TRAVAUX PUBLICS DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

PARTIE RELATIVE

AUX PONTS EN MÉTAL.

PAR M. **DALLOT.**

Le 9 mai 1870 le ministre des travaux publics décida qu'un ingénieur serait envoyé en mission aux États-Unis.

Le conseil de l'École des ponts et chaussées, dit M. Malézieux, et principalement M. l'inspecteur général Reynaud, se préoccupaient du peu de renseignements que, d'après eux, l'on possédait en France sur les grands travaux exécutés depuis trente ans en Amérique. On se rappelait que la mission de M. Michel Chevalier, en 1833, avait eu pour résultat de faire connaître le système de ponts en bois *dits Américains*; et l'on considérait comme improbable que tant et de si grandes entreprises, dont le bruit était plus ou moins confusément arrivé jusqu'ici, n'eussent provoqué l'éclosion d'aucune idée nouvelle dont nous pussions tirer profit. En conséquence, M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, fut désigné pour aller explorer la mine dont on espérait de riches produits, et on lui adjoignit pour l'accompagner M. Denys, élève ingénieur de 1re classe.

Arrivé à New-York le 27 juin, M. Malézieux en repartit le 5 octobre. Il a donc séjourné exactement cent jours sur le continent américain. C'est dans un laps de temps aussi bref qu'il a réussi à visiter et à bien voir, même dans les détails, tout ce qui présentait de l'intérêt dans les travaux d'un vaste pays aussi original que fécond ; et il en a rapporté un tableau saisissant qui fait autant d'honneur à son activité qu'à la rapidité de son coup d'œil.

M. Malézieux commence par tracer à grands traits le panorama de la contrée qu'il a parcourue. Il indique les grands courants naturels, les nécessités commerciales et industrielles qui ont déterminé la direction de la marche des travaux publics aux États-Unis. Il définit les conditions administratives sous l'empire desquelles ces travaux se sont exécutés, en énumérant les autorités dont ils ressortissaient. Il signale l'application générale du principe des concessions à l'industrie privée, tant pour les chemins de fer que pour les canaux, les ports, les bassins et quais qui en dépendent, sauf un très-petit nombre d'exceptions (État de New-York, ville de Chicago).

Puis, abordant le côté technique de sa mission, il remarque que les archives des

bureaux d'ingénieurs sont généralement très-pauvres. Les Américains, dit-il, construisent souvent sans projets bien arrêtés. Ils ne relèvent guère de dessins exacts des projets exécutés, n'ayant entendu faire souvent que des ouvrages provisoires. La tradition orale se perdant promptement par les changements de personnes, il y a d'importants ouvrages d'art dont on ne connaît au bout de vingt ans que ce qu'on en peut voir sur place, c'est-à-dire l'aspect extérieur. Nous allons voir cette préoccupation exclusive du fait et ce dégagement de l'esprit de doctrine imprimer aux travaux publics des États-Unis un cachet saisissant et former le trait saillant qui en constitue le style, à savoir le *cachet d'improvisation.*

Traitant rapidement la question des routes et chemins, M. Malézieux indique que les chaussées pavées ou empierrées n'occupent qu'une place insignifiante dans les grandes voies de communication des États-Unis.

L'intensité des intempéries, la rareté des bons matériaux, la cherté de la main d'œuvre, ont sans doute été les causes de la préférence universellement accordée au railway. On installe d'abord des chemins de fer à traction de chevaux sur le sol naturel simplement aplani et réglé. De là on passe aux chemins de fer à traction de locomotives. Quant aux quelques routes qui existent, elles ne reculent jamais devant les rampes de 10 à 15 pour cent d'inclinaison, pourvu que ces rampes soient très-courtes. En un mot les routes épousent le sol.

Arrivant aux ponts, dont nous devons spécialement nous occuper dans cette analyse, M. Malézieux signale le très-petit nombre de grands ouvrages d'art en maçonnerie, qui sont tous, soit des ponts aqueducs, soit des ponts canaux. Dès la fin du siècle dernier on avait construit des ponts en charpente et des ponts suspendus. Les deux périodes de construction des chemins de fer, 1830 à 1840 et 1850 à 1870, vinrent donner l'essort à cette branche de l'art. Dans la seconde de ces périodes, les ponts métalliques furent établis concurremment avec les ponts en charpente qui ne furent plus que des solutions provisoires employées quand le temps et l'argent manquaient. Pour les ponts en bois, on commença par les arcs; puis vint le système *Town* (poutres droites à treillis, lattice bridge); enfin le système *Howe*, avec tirants verticaux en fer et croix de Sant-André en bois assemblées sans chevilles aux semelles horizontales de façon à ne supporter que des efforts de compression, conquit définitivement la prédominance.

Quand l'emploi du fer se répandit, ce fut sous forme de poutres droites que l'application en fut faite dans le plus grand nombre de cas. Le pont en arcs d'acier, que l'on construit actuellement à Saint-Louis sur le Mississipi, est le premier exemple important de l'emploi des fermes courbes. Il est vrai que c'est un spécimen très-considérable. Presque du premier coup, les poutres droites affectèrent aux États-Unis la forme de fermes à grandes mailles, dans lesquelles la nature et le caractère de la résistance de chaque pièce sont nettement précisés et se révèlent d'une façon parlante. Enfin, dit M. Malézieux, quand les Américains ont voulu aborder les portées inconnues jusqu'à ce jour, ils se sont adressés sans hésitation au type des ponts suspendus, au moment même où à la suite d'accidents retentissants on l'abandonnait en France et en Angleterre. Ils l'ont perfectionné par l'introduction d'éléments nouveaux et en ont fait dans ces dernières années des applications qui dépassent en importance tout ce qu'on connaissait précédemment.

M. Malézieux passe ensuite une revue sommaire des ouvrages sur lesquels il a pu recueillir des renseignements. Cette partie de son travail doit être étudiée dans l'ouvrage même et ne saurait être résumée. Nous arrivons donc immédiatement à la description et à la discussion des divers systèmes.

A propos des ponts en bois, M. Malézieux se borne à exposer les avantages théoriques du système Howe et à montrer par quelques traits frappants à quelle rapidité d'exécution, à quelle économie de prix de revient, à quels moyens de construction rudimentaires ce type se prête.

Il cite, par exemple, le pont établi sur la rivière de Landing en Virginie, pour le passage du chemin de fer de Norfolk à Weldon, qui comprend quatre travées à simple voie de 15m,25 d'ouverture chacune, et qui, construit en charpente grossière, sans autres ouvriers d'art que les nègres du pays, n'a coûté que 98 fr. le mètre courant.

Voici plus loin un détail qui peint bien la façon expéditive d'opérer des ingénieurs des États-Unis. Nous sommes sur ce chemin presque légendaire du Pacifique. Au mois de décembre 1866, la Compagnie concessionnaire de cette ligne s'occupant déjà du pont à établir à Omaha sur le Missouri, on demanda à la maison L. B. Boomer de Chicago en combien de temps et à quel prix elle s'engagerait à fournir et monter 2 000 pieds de pont du système Howe, soit en travées fixes de 150 pieds avec deux travées mobiles de 100 pieds chacune, soit en travées fixes de 200 pieds avec deux travées mobiles de 150 pieds, les piles et culées devant être fondées sur le roc à 8 ou 10 pieds au-dessous de l'étiage pour moitié ou trois quarts de la largeur de la rivière et sur pieux et enrochements pour le surplus. Il était stipulé que le pont devait pouvoir durer huit ou dix ans. Le constructeur répondit qu'il livrerait le pont à Chicago en quatre-vingt-dix jours et emploierait pour le monter sur place de quarante à soixante jours; que les prix, indépendamment des frais de transport de Chicago à Omaha, seraient les suivants :

Pour les travées fixes, 733 francs par mètre courant de travée de 150 pieds et 939 francs par mètre courant de travée de 200 pieds;

Pour les travées mobiles, 1 667 francs par mètre courant de travée de 150 pieds et 32 500 francs pour l'appareil de rotation.

Cet exemple, ajoute l'auteur du rapport, peut servir à apprécier le double avantage que les ponts en bois présentent sous le rapport de la rapidité d'exécution et de l'économie de premier établissement.

M. Malézieux divise les ponts métalliques employés aux États-Unis en trois classes :

1° Les bow-strings;
2° Les poutres armées ;
3° Les trusses ou fermes.

Les bow-strings ou fermes dont la semelle supérieure est un arc de parabole constituent un type bien connu dont il est inutile de placer ici la description.

Les poutres armées sont des fermes dans lesquelles la semelle inférieure n'est pas indispensable et se supprime ordinairement. Les constructions de ce genre employées aux États-Unis se subdivisent en deux types : le système Fink et le système Bollman.

Le tracé de la poutre Fink s'obtient ainsi qu'il suit. La semelle unique étant supportée à ses deux extrémités par des montants rigides, on la soutient en son milieu par un autre montant dont le pied est rattaché par deux tirants aux extrémités de la semelle. Considérant alors le milieu comme fixe, on divise en deux chacune des moitiés de la semelle, et on soutient ces deux nouveaux points milieux par deux nouveaux montants dont le pied est rattaché par deux tirants aux extrémités de la moitié correspondante de la semelle. On continue de subdiviser ainsi, jusqu'à ce que l'intervalle des montants soit réduit à une dimension convenable pour les pon-

neaux. Quoiqu'on n'ait pas besoin de semelle inférieure pour les fonctions qu'elle remplit ordinairement, on relie les extrémités inférieures des montants par une file de pièces rigides qui en maintiennent l'écartement.

Pour tracer la poutre Bollman, on supporte, comme dans le type précédent, une semelle supérieure par deux montants s'appuyant sur les culées. On la divise en un certain nombre de parties égales, on place des montants à chacun des points de division, et on réunit le pied de tous ces montants par une paire de tirants aux deux extrémités de la semelle. Une file d'entretoises rigides, réunissant les pieds des montants, tient lieu de la semelle inférieure qui du reste n'est pas nécessaire quand on place le tablier à la partie supérieure, ce qui se fait ordinairement avec ce genre de poutre. Les montants, et par suite les tirants, peuvent supporter, outre les efforts directs dus à la charge, un effort additionnel provenant de ce que la semelle, forcément composée de morceaux distincts, peut tendre à se soulever ou à s'abaisser aux points de jonction des segments. Cette tendance se produit quand, par quelque défaut de construction ou de pose, deux segments consécutifs ne se trouvent pas exactement en ligne droite. Les montants intermédiaires servent à empêcher tout affaissement. Pour prévenir l'exhaussement, on doit ajouter des tirants de panneau, c'est-à-dire deux tirants placés en diagonale dans chacun des rectangles de la poutre. L'expérience a démontré la nécessité de compléter ainsi la poutre Bollman, et cette addition est également nécessaire pour la poutre Fink.

Un spécimen de ce type est le pont construit sur le Potomac à Harper's Ferry, dont la description se trouve dans les Mémoires de notre Société (année 1856). M. Malézieux rapporte qu'au moment où il a visité cet ouvrage on venait dans un but de décoration de peindre les semelles et les montants en noir tandis que les tirants inclinés étaient peints en bleu clair.

Les poutres auxquelles s'applique plus spécialement le nom de *trusses* ou fermes peuvent se définir ainsi : *poutres à deux semelles horizontales, à grandes mailles, et sans rivets.*

La classe des poutres à deux semelles horizontales comprend cinq types principaux auxquels, suivant l'usage américain, s'est attaché le nom d'un ingénieur, savoir :

A. Le type *Jones*, qui n'est autre chose que la poutre Howe construite entièrement en métal, avec tirants verticaux et entretoises inclinées rigides.

B. Le type *Murphy-Whipple*, ou Howe interverti avec montants rigides et tirants inclinés.

C. Le type *Linville* ou *Pratt*, qui ne diffère du précédent qu'en ce que les tirants inclinés s'étendent sur deux panneaux au lieu d'un seul. Cette disposition est plus économique dans les grandes poutres dont la hauteur excède de plus de moitié la largeur des panneaux, parce qu'elle rapproche de 45 degrés l'angle d'inclinaison des tirants.

D. Le type *Post* qui par ses montants rigides et ses tirants inclinés se rattache au système Murphy-Whipple, mais en diffère : 1° en ce que ses montants, au lieu d'être verticaux, descendent d'une demi-longueur de panneau vers la culée voisine; 2° en ce que le tirant et le contre-tirant qui partent du sommet de chaque poteau ont une portée d'un panneau et demi au lieu d'un panneau. Les panneaux de cette poutre ne sont plus des rectangles, mais des parallélogrammes penchés vers le milieu de la poutre, où la semelle supérieure a un joint tandis que la semelle inférieure n'en a pas. Dans les ponts de M. Post, qui diffèrent en cela des autres,

les montants se terminent, aussi bien que les tirants, par des œils à leurs deux extrémités et présentent ainsi un double assemblage à charnière.

E. Le type dit *triangulaire*, qui par exception est anonyme aux États-Unis, sans doute parce qu'il a pour auteur le capitaine du génie *Warren* de l'armée anglaise, qui en a fait de nombreuses applications en Angleterre et surtout aux Indes. Le viaduc de Crumlin, qui a été décrit en 1857 dans les Mémoires de notre Société par MM. Gajewski et Gottschalk, est un spécimen du type Warren. Quand on applique ce type à de grandes ouvertures, les côtés des triangles deviennent si longs qu'il est nécessaire d'introduire des tirants verticaux pour soutenir les points milieux des segments de la semelle inférieure. Quelquefois on ajoute aussi des montants rigides pour supporter les points milieux des segments de la semelle supérieure. Comme dans la poutre Warren la plupart des liens inclinés travaillent alternativement à la tension et à la compression pendant qu'un train franchit le pont, les ingénieurs américains composent ces liens inclinés de pièces creuses à chacune desquelles on ajoute un ou deux tirants en fer.

M. Malézieux accompagne la description des différents types qui précèdent de l'exposé des procédés de calcul qui s'y appliquent et qu'il a empruntés à un ouvrage sur les ponts métalliques publié par un ingénieur américain, le colonel W. E. Merrill. L'analyse de ces calculs, qui sont tous basés sur le principe de la décomposition des forces représentées par des expressions trigonométriques, offrirait peu d'intérêt ici. MM. Gajewski et Gottschalk ont exposé l'application de cette méthode avec la plus grande netteté dans leur mémoire sur le viaduc de Crumlin.

Abordant les détails de construction, M. Malézieux indique que la semelle supérieure, qui ne travaille que par compression, se fait soit en fonte soit en poutrelles creuses de tôle. La section transversale est celle d'un caisson, d'une pièce évidée quelquefois cylindrique à l'intérieur et polygonale à l'extérieur. Cette semelle est divisée en tronçons dont la longueur est ordinairement de 3 à 4 mètres. C'est toujours au point de jonction de deux tronçons que viennent aboutir les liens verticaux ou inclinés. Un manchon spécial, portant des oreilles venues de fonte pour le passage des tirants, peut faciliter l'assemblage. La semelle inférieure, qui ne travaille que par extension, se fait toujours en fer. Elle se divise en segments articulés, correspondant à ceux de la semelle supérieure, c'est-à-dire ayant la longueur uniforme des panneaux de la poutre. Cette semelle se compose, tantôt de tôles diversement combinées, tantôt de chaînons ou anneaux allongés, tantôt de barres de fer méplat terminées par un œil à chacune de leurs extrémités. On en juxtapose horizontalement autant qu'il en faut pour avoir en totalité la section requise, section qui doit croître en approchant du centre des travées.

On peut faire en fonte et même, par économie, en bois les liens qui doivent être rigides; mais on les fait aussi en tôles agencées de façon à résister au flambage. Les liens et contre-liens qui travaillent à l'extension sont des tiges cylindriques terminées par des boucles, ou des barres de fer méplat terminées par des œils. Elles portent presque toujours un pas de vis qui permet d'en régler la longueur et la tension postérieurement à la pose.

La pièce capitale des assemblages est un fort goujon cylindrique en fer ou en acier, que sa forme rend également apte à recevoir et à transmettre dans tous les sens les efforts de compression des pièces rigides et les efforts de traction des autres. Les liens divers peuvent osciller autour de la charnière et prendre d'eux-mêmes la direction précise qui se prête à la transmission des efforts.

A ce même goujon se suspendent les pièces de pont quand le tablier doit être

placé au niveau des semelles inférieures, ce qui est de beaucoup le cas le plus fréquent. Il va sans dire qu'un contreventement relie les semelles qui ne sont pas reliées par les pièces de pont.

Dans le but d'apprécier le mérite respectif, au point de vue de l'économie, des sept types de poutres décrits plus haut, M. Malézieux emprunte à l'ouvrage de M. Merrill les résultats d'une étude comparative de ces divers types, établie sur les données suivantes :

Ouverture commune de 200 pieds (61 mètres).

Pont de chemin de fer à une seule voie.

Largeur des panneaux $l = 12' \, 5''$ ($5^m,81$).

Hauteur de la poutre { pour la poutre Linville $2\,h = 25'$ ($7^m,72$). pour les six autres poutres $1,5\,h = 18' \, 9''$ ($5^m,72$).

Poids de la machine par panneau	17 600	livres :
Poids du tender par panneau	16 160	»
Poids des wagons par panneau	13 152	»
Poids du pont lui-même par panneau	9 373	»

Compression maximum : $\frac{1}{5}$ de l'effort de rupture, d'après les formules de Hodgkinson.

Tension maximum : $8^k,4$ par millimètre carré.

Poids des assemblages d'une poutre : 15 pour 100 en sus du poids calculé des pièces principales de cette poutre.

Poids des pièces de pont par panneau du pont entier. .	1 260	livres.
Entretoises du contreventement supérieur.	270	»
Tirants du contreventement supérieur.	300	»
Voie proprement dite (rails, etc.).	3 070	»
Total.	4 900	livres.

Soit 2450 livres par panneau et par poutre, ou pour les 16 panneaux 78400 livres (35515 kilogrammes).

On suppose d'ailleurs *à priori* dans les calculs de résistance que le poids total du pont est partout de 300 000 livres. Or voici à quels poids arrive M. Merrill pour les différents systèmes :

1. Post.	225 528	livres.
2. Triangulaire (avec des montants intermédiaires). . . .	232 355	»
3. Linville.	234 022	»
4. Murphy-Whipple.	236 292	»
5. Triangulaire (sans montants intermédiaires).	253 588	»
6. Jones.	271 846	»
7. Fink.	273 087	»
8. Bolmann.	367 864	»

M. Merrill, cherchant à expliquer ces différences *à priori*, établit théoriquement que l'angle des liens inclinés avec la verticale est le plus avantageux, savoir :

1° Pour les tirants, quand l'angle est de 45° ;

2° Pour les contre-fiches, quand l'angle est de 39° seulement.

M. Malézieux indique encore que M. l'ingénieur en chef Clarke, dans son rapport sur les travaux du pont de Quincy dans l'Illinois, a fait connaître les poids calculés

des quatre ponts dont il avait dressé les projets : l'un est en treillis rivé, les autres sont projetés suivant les systèmes Post, triangulaire et Linville, pour des ouvertures de 157′ (47m,88), 200′ (61 mètres) et 250′ (76m,25). La surcharge due au passage d'un train est évaluée à 2 500 livres par pied courant d'un tablier qui a 14′ (4m,27) de largeur dans œuvres, au lieu de 2104 livres, poids pris par M. Merrill. La tension maximum est limitée à 10 000 livres par pouce carré (7k,03 par millimètre carré). Le tableau suivant donne les résultats comparatifs de cette étude préliminaire :

DÉSIGNATION DU TYPE DES POUTRES.	POIDS DE MÉTAL PAR MÈTRE COURANT		
	74m.42 de portée libre.	59m.17 de portée libre.	46m.97 de portée libre.
	kil.	kil.	kil.
Treillis rivé................	3167	2130	1749
Post......................	2274	2019	1310
Triangulaire................	2030	1573	1187
Linville.	2034	1584	1361

On voit par ce tableau que le poids du pont par mètre courant, sans la travée de 61 mètres d'axe en axe des piles ou 59m,27 de portée libre, qui n'était estimé par M. Merrill qu'à 1 738 kilogrammes, est estimé par M. Clarke à 1 992 kilogrammes. La différence peut s'expliquer en partie en remarquant que M. Merrill fait travailler le fer à un effort de tension de 8k,4 par millimètre carré, tandis que M. Clarke limite l'effort à 7k,3. Il faudrait tenir compte encore de ce que les formules appliquées par les deux ingénieurs au calcul des pièces comprimées ne sont pas les mêmes.

Le pont projeté à Quincy a été exécuté. Il présente vingt-quatre travées, savoir :

	Nombre de travées.	Ouverture moyenne.	Longueur totale.
Dans le système Linville.	18	54m.03	972m.65
Dans le système Bollmann.	6	26m.68	160m.12
Ensemble..............	24	»	1132m.77

Le poids moyen par mètre courant du métal employé s'est élevé à 1942 kilogrammes.

M. Malézieux conclut des renseignements qui précèdent que, d'après les nombres donnés tant par M. Merrill que par M. Clarke, un tablier métallique à simple voie de 60 mètres de portée se construit avec deux tonnes environ de métal par mètre courant. Il paraît d'ailleurs admis aux États-Unis, ajoute M. Malézieux, qu'un pont de 500 pieds (150 mètres) *à double voie* exigerait moins de 700 tonnes de fer. S'il est vrai que le pont tubulaire du détroit de Menai, qui a une ouverture de 140 mètres, ait employé 3000 tonnes de métal, et que le pont de 150 mètres construit sur la Lek à Kuilenberg (Hollande) en ait employé 2 123, le rapprochement de ces nombres indiquerait que les grands ponts qui se construisent depuis quelques années en Amérique réalisent une économie considérable. Nous discuterons plus loin l'exactitude de cette conclusion.

L'auteur termine son étude sur les fermes métalliques aux États-Unis par quelques renseignements relatifs aux ponts tournants pour lesquels on emploie presque tou-

jours un tablier à deux volées égales, couvrant deux travées à la fois et tournant sur la pile intermédiaire. L'ouverture de chaque travée s'élève quelquefois jusqu'à 50 mètres. Ces ponts à volées égales sont plus rationnels et plus économiques que les nôtres, quand il s'agit de ponts isolés et surtout si la navigation y trouve deux passages distincts. L'expérience a considérablement amoindri en Amérique les appréhensions qui ont généralement cours en France contre l'introduction des ponts tournants dans les chemins de fer. En raison des grands avantages qu'ils offrent dans certains cas, les Américains acceptent résolûment l'inconvénient du ralentissement réglementaire des trains. Ils prennent d'ailleurs dans le calage des extrémités du pont mobile les précautions nécessaires pour assurer aux rails une continuité parfaite, tant en plan qu'en élévation.

M. Malézieux aborde ensuite la question des ponts suspendus à laquelle il a donné dans son rapport des développements considérables, parfaitement justifiés par l'intérêt et l'importance de ce genre de constructions.

On a, dit-il, construit depuis moins de vingt ans aux États-Unis cinq grands ponts suspendus, savoir : deux sur le Niagara, un sur l'Alleghany et deux sur l'Ohio. On est en train d'en construire un autre sur le bras de mer qui sépare les villes de New-York et de Brooklyn, et un ouvrage analogue paraît être à la veille de s'exécuter sur l'Hudson.

Ces ponts diffèrent des nôtres par l'addition de nouveaux organes, qui sont :

1° Des poutres longitudinales placées non-seulement sur les rives, où elles font l'office de garde-corps, mais dans l'intervalle qui les sépare ;

2° Des tirants inclinés ou haubans, partant des tours qui supportent les câbles de suspension et venant s'attacher au tablier jusqu'à une certaine distance des tours ;

3° Des amarres extérieures et diversement inclinées qui relient les rives du tablier avec les berges d'amont et d'aval.

C'est à l'ingénieur allemand John Rœbling, mort en 1869, que l'on doit surtout, d'après M. Malézieux, la reprise et le perfectionnement du système des ponts suspendus. C'est lui qui a construit ou projeté tous ceux dont nous allons nous occuper, moins celui de Niagara-Falls établi sur les mêmes bases par un ingénieur canadien, et celui de l'Hudson.

Le pont d'aval du Niagara a été décrit depuis longtemps dans les Mémoires de notre Société et ensuite dans d'autres publications. Rappelons que cet ouvrage, construit de 1851 à 1855, à 3 kilomètres au-dessous de la célèbre chute du fleuve, présente deux tabliers superposés à 7 mètres environ de distance verticale. Sa largeur totale est de 7^{m},30. Le tablier inférieur sert pour les voitures ordinaires et les piétons. Le tablier supérieur porte une voie de fer formée de trois rails qui offre au matériel roulant des chemins de fer la double largeur de 5 pieds 6 pouces et 4 pieds 8 pouces 1/2 (1^{m},68 et 1^{m},44). Ces rails reposent sur deux longrines, consistant chacune en quatre poutres pleines superposées. Les deux tabliers sont reliés par deux grandes fermes composées de semelles et montants en bois avec tirants inclinés en fer ; les montants sont formés de moises qui embrassent non-seulement les croisillons en fer, mais aussi une semelle intermédiaire en bois ; le mode de liaison peut être considéré comme dérivé du système Pratt.

Il y a quatre câbles de suspension, dont deux sont reliés par les tiges au plancher supérieur et deux au plancher inférieur.

Le poids permanent supporté par les câbles de suspension est de 600 tonnes de bois et 400 tonnes de fer, y compris le poids des câbles. La dépense de construction du pont s'est élevée à 400,000 dollars, environ 2 millions de francs.

Le fléchissement du tablier, quand il est couvert d'un bout à l'autre par des wagons de marchandises à charge pleine, n'excède pas 0m,25. Si d'ailleurs, à l'aide d'un niveau placé sur l'une des deux culées, on observe le passage d'une lourde locomotive et de son tender, on découvre à peine une flexion quelconque tant que la machine n'a pas dépassé la portée des haubans; au delà l'affaissement augmente rapidement.

Le pont d'aval du Niagara est encore le seul pont suspendu sur lequel passent les locomotives. La traversée s'opère d'ailleurs lentement. On limite la vitesse à 8 kilomètres à l'heure.

Le pont de Pittsburg sur l'Alleghany, construit de 1858 à 1860, présente deux travées centrales de 104m,92 d'ouverture et deux travées de rive de 35 et 52 mètres. Sa largeur totale est de 12m,20. Il comprend une double voie charretière et deux passages latéraux pour les piétons, chacun de ces passages étant compris entre deux des quatre câbles qui supportent le tablier. Le garde-corps est une petite poutre métallique en treillis à laquelle on a accolé une poutre pleine en bois. Les câbles sont supportés par quatre tours en fonte à jour.

Le pont de Cincinnati sur l'Ohio, qui a 322 mètres d'ouverture et 30m,50 de hauteur au-dessus de l'eau, présente comme celui de Pittsburg, avec une largeur de 10m,98, une double voie charretière entre deux passages de piétons. Il n'y a ici que deux câbles au lieu de quatre. Mais la voie charretière est comprise entre deux poutres de 3m,10 de hauteur, et les garde-corps des trottoirs sont aussi des poutres de moindre hauteur. Les tiges de suspension viennent s'attacher sous les grandes poutres dans la partie centrale du pont et sous les petites dans les parties voisines des piles, les plans des câbles étant inclinés sur la verticale en se rapprochant vers le bas. Les tours s'élèvent à 40 mètres au-dessus du plancher et le nombre des haubans est porté à 20 par demi-câble.

Ce pont a coûté près de 9 millions de francs. Il est, dit-on, d'un entretien très-dispendieux.

Le pont de Niagara-Falls, achevé en 1869, comprend une seule travée de 386m,84 entre les points de suspension. C'est la plus grande ouverture qu'un pont ait jamais franchie sans supports intermédiaires. La largeur du tablier n'est que de 3m,05. Les câbles sont supportés par des tours provisoires en charpente.

La dépense s'est élevée à 600,000 francs. Ce pont n'est qu'une simple passerelle, destinée principalement à livrer passage aux touristes qui viennent contempler les cataractes du fleuve. Toutefois une voie de tramway occupe le milieu du tablier.

Il y a seulement deux câbles de suspension qui descendent au niveau du tablier dans le milieu du pont. En ce point minimum ils ne sont espacés que de 3m,66 d'axe en axe, tandis qu'en haut des tours ils le sont de 12m,81, ce qui fait un surplomb latéral de 4m,57. La flèche est verticalement, et à la température moyenne, de 27m,70; dans le plan incliné du câble, elle est de 28m,13.

Il y a douze haubans pour chaque demi-câble, quarante-huit en tout. Ils arrivent jusqu'à mi-chemin du centre. Le plus long hauban est tangent à la courbe du câble au point de suspension; les autres vont s'attacher à la plate-forme à des intervalles de 7m,62. Leur diamètre varie de 0m,08 à 0m,14. Ces douze haubans, qui se rapprochent en montant vers le haut de la tour, se joignent un peu avant d'y arriver et s'assemblent avec sept autres tiges réunies en un faisceau; ce faisceau passe sur un chariot spécial, puis s'accole au câble de suspension en descendant vers la terre où d'ailleurs il trouve un amarrage distinct. Du côté de la rivière les haubans descendent dans le plan des câbles de suspension, et un lien les rend jusqu'à un certain point solidaires de chacune des tiges de suspension qu'ils croisent.

Quatre liens horizontaux (deux vers chaque rive) en câble de 80 millimètres de diamètre relient les deux câbles de suspension à une hauteur convenable pour ne pas gêner le passage. Quatre autres liens (deux encore pour chaque rive), partant du pied des tours, vont comme des brides de cheval s'attacher aux deux câbles à 33m,55 de distance.

Des amarres extérieures, fixées par un anneau à la semelle inférieure des poutres, relient le tablier sous des inclinaisons variées à la crête de la berge ou à de gros blocs noyés dans le talus. Bien que ces amarres soient, comme les tiges de suspension, des câbles de 16 millimètres de diamètre, elles sont à peine visibles à l'œil nu. Elles s'étendent presque jusqu'au milieu du pont. Il y en a vingt-huit en amont et vingt-six en aval.

La tour de la rive gauche a 32m,02 de hauteur, celle de la rive droite 30m,50; elles atteignent ainsi au même niveau. Chacune d'elles a la forme d'une pyramide tronquée. Elles sont séparées par un intervalle de 3m,96 à la base; mais à une hauteur convenable les pièces horizontales se prolongent d'une pyramide à l'autre et en font une tour unique. Chaque pyramide est couronnée par un chapeau en fonte supportant le double chariot sur lequel passent le câble de suspension et celui des haubans réunis.

Les deux poutres longitudinales du tablier, qui font garde-corps sur 1m,50 de hauteur, sont en charpente et construites dans le système Howe. Les pièces de pont reposent sur les semelles inférieures. Deux séries de contre-fiches en fer contre-butent chaque poutre tant au dedans qu'au dehors. L'un des rails de la voie de fer est contigu aux contre-fiches intérieures d'aval, de sorte qu'il reste en avant de la voie assez d'espace pour que les piétons puissent partout circuler sans danger à côté des voitures ou des traîneaux. Une sonnerie, qui met en communication les deux postes établis aux extrémités du pont, sert à empêcher que deux voitures marchant en sens contraire ne s'y engagent à la fois.

Nous avons tenu à reproduire d'une façon complète les détails fournis par M. Malézieux sur le pont de Niagara-Falls, en raison de l'intérêt que présente la portée exceptionnelle de cet ouvrage.

Dans tous les ponts dont nous venons d'indiquer les principaux éléments, les câbles et les tiges de suspension, les haubans et les amarres extérieures, sont tous formés de câbles en fil de fer. Les fils sont tordus et non parallèles. Pour éviter les soudures et épissures qui constituent autant de points de rupture, on a tenu à employer des fils continus et d'un seul morceau.

La longueur par suite est considérable. Elle atteint 582m,55 au pont de Niagara-Falls. Ces fils ont été fabriqués à Manchester par un procédé nouveau. On avait des tiges de 4m,57 de longueur et de 11 centimètres carrés de section pesant 63k,42. On en tirait par une seule opération et en moins d'une minute des fils de la longueur et de la grosseur requise. A cet effet on chauffait les tiges au rouge blanc dans un fourneau à gaz et on les faisait passer par une série de filières jusqu'à ce qu'ils fussent graduellement réduits au diamètre du n° 3 des calibres de Birmingham; une extrémité de la tige était encore dans le fourneau quand l'autre s'enroulait déjà autour de la bobine; puis le fil était étiré dans trois trous et amené ainsi au diamètre de 3mm,8. Avec dix-neuf fils on faisait un brin et avec sept brins un câble élémentaire.

Chacun des câbles de suspension est composé de sept câbles élémentaires et contient ainsi neuf cent trente et un fils. Le brin central de chaque câble élémentaire étant rectiligne, tandis que les autres sont enroulés en spirale autour de lui, sent le premier l'effort d'une charge appliquée subitement et rompt le premier. A raison de

cette circonstance, M. Samuel Keefer, ingénieur du pont de Niagara-Falls, a fait le brin central en fer doux tandis que les autres sont en fer dur. Le fer doux étant plus ductile, le brin central s'allonge jusqu'à ce que ceux qui l'entourent soient amenés à un état de tension tel qu'ils travaillent tous ensemble.

M. Rœbling a également perfectionné le mode d'attache des câbles. Son système consiste à employer une plaque de fer percée d'un trou conique dans lequel on engage l'extrémité du câble. Le plus petit diamètre du trou est un peu supérieur à celui du câble, le plus grand est le double de l'autre. On épanouit les fils dans l'intérieur du cône et on chasse des clous en fer, de manière que la cavité soit parfaitement remplie. On commence par des clous occupant toute la longueur et on achève avec d'autres qui sont plus petits et plus minces. Les fils sont huilés ainsi que les clous; ceux-ci sont arrondis à la lime. A la fin on retourne à angle droit sur la tête des clous les bouts des fils qui font saillie sur la plaque; puis on coule du plomb qui achève de remplir les vides et on mate soigneusement.

M. Keefer a encore amélioré cette disposition au pont de Niagara-Falls. Avant d'engager le câble dans le trou conique de la plaque, il l'a fait passer dans la gorge creuse d'une croupière de fonte, se rapprochant par sa forme d'une ellipse dont le petit diamètre est égal au double de la circonférence du câble et dont la longueur est triple de ce diamètre. La plaque d'amarrage forme une pièce unique avec la croupière. Les ingénieurs des États-Unis considèrent ce système comme supérieur à tous ceux usités en Europe.

Un goujon cylindrique, mobile dans une rainure de $1^{m},15$ en vue de l'ajustage, sert à réunir cette pièce avec toute autre, avec la chaîne d'ancrage pour les câbles de suspension, avec une tige de fer pour la partie inférieure des haubans, cette tige se terminant à l'autre bout par un pas de vis qu'arrête un écrou. Les tiges de suspension du pont de Niagara-Falls, qui n'ont que 16 millimètres de diamètre et n'ont besoin de résister qu'à une charge de 10 tonnes, sont simplement fixées en haut et en bas à des plaques à trou conique. D'ailleurs, toutes celles qui vers le milieu du pont ont moins de $3^{m},66$ de longueur, sont en fer forgé de 25 millimètres de diamètre et non en fil de fer. Les 480 tiges de suspension soutiennent en bas des boulons qui représentent, sous les pièces de pont, un pas de vis de $0^{m},15$.

On conçoit que le réglage de la tension des haubans et des tiges de suspension doive jouer un rôle capital dans la stabilité de la construction. Voici, sur ce point si important et si délicat, les détails que donne M. Malézieux. La plaque de retenue décrite plus haut forme ordinairement à la base des tiges de suspension la partie horizontale d'un étrier renversé qui porte une pièce de pont. Les branches verticales de cet étrier, qui traversent la plaque, sont filetées sur une assez grande longueur. Les vis doivent être bien taillées et bien graissées de manière à pénétrer facilement dans l'écrou. Si l'on veut que l'étrier porte 6,000 livres, chaque vis en portera 3,000.

On dresse quelques ouvriers intelligents à soulever un poids de 3,000 livres au moyen d'une vis identique à celle de l'étrier, en se servant d'une clef de longueur déterminée, $0^{m},45$ par exemple, longueur telle qu'elle exige l'effort moyen du bras de l'homme. On rend l'opération plus sûre au moyen d'un poids auquel les hommes peuvent comparer fréquemment l'effort qu'ils développent. Voilà comment on peut répartir pratiquement la charge entière entre les câbles de suspension, les haubans et les poutres longitudinales; faire en sorte, par exemple, que les câbles ne supportent rien de la charge permanente et n'entrent en action que sous l'effet des charges temporaires, ou bien partager également entre eux et les haubans la charge tout entière, sans rien laisser au compte des poutres.

Nous nous réservons de revenir sur ces extraordinaires assertions.

Il nous reste, pour compléter cette analyse, à rendre compte de quelques ouvrages exceptionnels, en cours d'exécution ou à l'état de projet, sur lesquels M. Malézieux fournit des données du plus haut intérêt.

East-River bridge (*New-York*). — La ville de *Brooklyn*, bâtie à l'extrémité occidentale de *Long-Island*, est séparée de la ville de New-York par un bras de mer qui a 1 kilomètre environ de largeur, et qu'on appelle *East-River*. Un pont qui réunira ces deux villes se construit en ce moment. C'est un ouvrage d'une importance exceptionnelle, au double point de vue de la circulation qu'il doit desservir et des difficultés techniques du programme auquel il doit satisfaire. Des *ferry-boats* transportent annuellement plus de 40 millions de voyageurs d'une ville à l'autre. On fait, en général, payer 2 cents (0f,10) par tête. M. John Rœbling, qui avait étudié l'affaire pour le compte de la compagnie concessionnaire, ne doutait pas que le nombre des voyageurs ne dût s'élever immédiatement à 80 millions, et qu'on ne pût leur demander 5 cents au lieu de 2, quand au lieu de se rendre d'abord par des omnibus à l'embarcadère des ferry-boats, ils n'auraient qu'à monter dans des wagons confortables, au centre même du quartier commerçant de New-York, pour se trouver transportés en cinq minutes au centre de Brooklyn. Les ferry-boats continueront à desservir le voisinage immédiat de la rivière. Mais, en les empêchant de se multiplier pour répondre à des besoins sans cesse croissants, on préviendra un encombrement chaque jour plus gênant pour la circulation des navires. Enfin, on empêchera du même coup que le nombre toujours plus grand des omnibus sur rails ne finisse par rendre la circulation impossible dans les rues de New-York, en détournant une partie de la population vers Long-Island.

Telle est la destination principale d'East-River bridge. Une grande trouée le prolongera dans New-York jusqu'à la place de l'Hôtel-de-Ville. En y comprenant deux viaducs d'accès, l'un de 439m,50 et l'autre de 287 mètres, il aura une longueur totale de 1,788 mètres. Deux voies de fer permettront la circulation de wagons à voyageurs remorqués à l'aide de câbles et de machines fixes. De chaque côté des voies de fer parcourues par les trains, le pont de la rivière de l'Est en aura deux autres (quatre en tout) munies de rails plats pour des omnibus à traction de chevaux et librement accessibles d'ailleurs aux voitures ordinaires. Il y aura enfin, dans l'axe du pont, entre les deux voies principales et à trois mètres plus haut, une sorte de passerelle ou promenoir de trois mètres de largeur, qui, dans l'opinion de M. Rœbling, sera très-fréquentée à raison de l'air pur et de l'incomparable panorama qu'on y viendra chercher. Cette promenade et les quatre voies charretières accessoires produiront des revenus importants en sus de ceux qu'on attend du service des wagons remorqués.

La largeur entière du pont à construire s'est trouvée ainsi fixée à 25m,93.

Les deux rives de New-York et de Brooklyn présentent de nombreux *piers* ou jetées qui s'avancent en rivière et qui, généralement couvertes, servent de quais pour l'embarquement et le débarquement des voyageurs et des marchandises. Les navires stationnent contre ces *piers* dans des cases ou bassins intermédiaires. Des alignements ont été assez récemment fixés pour délimiter le chenal réservé à la circulation des navires, sur lequel les jetées ne doivent pas empiéter. La première condition imposée en 1867 à la Compagnie d'East-River bridge par la législature de l'État de New-York fut que le pont n'aurait aucun point d'appui placé dans le chenal même. Le projet dut, par suite, comprendre une travée centrale de 1,600

pieds (448 mètres), travée double de celle que M. Rœbling avait construite en 1855 sur le Niagara. Sur l'avis des ingénieurs du service des rivières et ponts, auxquels ce projet fut soumis par ordre du Congrès, le débouché de 1,600 pieds dut être compté au niveau, non pas des basses eaux, mais du fond de la rivière, ce qui porta à 493 mètres l'ouverture mesurée entre les points de suspension. De plus, pour ménager une hauteur libre de 135 pieds (41^m,17) entre les hautes mers et le dessous du tablier (au centre de la travée), on fit relever le tablier de 5 pieds, relèvement onéreux pour la Compagnie à raison de la limite d'inclinaison qu'on ne voulait pas dépasser pour la rampe d'accès du côté de New-York.

L'ingénieur, M. Rœbling, a naturellement adopté le type de pont suspendu dont il avait déjà construit plusieurs spécimens. Depuis sa mort, la direction des travaux est passée à son fils, M. Washington Rœbling. Voici les éléments principaux de la superstructure qui, à l'époque du voyage de M. Malézieux, n'était encore qu'à l'état de projet et dont les dessins d'exécution ne paraissaient même pas être définitivement arrêtés. Le tablier se trouvera divisé en cinq zones par six poutres longitudinales de 2^m,70 à 3^m,80 de hauteur. Il y aura quatre câbles de suspension ; les deux câbles extérieurs s'écarteront du bas, tandis que les câbles intérieurs se rapprocheront. Les tours surmontant les deux piles s'élèveront à 42 mètres au-dessus du plancher, à 85 mètres au-dessus de la surface de l'eau.

Le nombre des haubans sera porté à trente-cinq par demi-câble ; ils parviendront jusqu'à 160 mètres de distance des tours et ne laisseront sans soutien qu'un tiers de la plate-forme ; les plus rapprochés des tours seront fixés à ces tours elles-mêmes, à diverses hauteurs, au lieu de passer par dessus. Les amarres extérieures ne pourraient pas se concilier ici avec les convenances locales. Mais elles sont moins nécessaires eu égard à la masse énorme de la plate-forme. Du reste M. Rœbling, en vue de résister aux actions horizontales, a projeté de placer horizontalement, sous le tablier de chaque travée, deux câbles paraboliques tournant leur convexité l'un vers l'amont et l'autre vers l'aval, fixés par leurs extrémités aux piles ou culées, et rattachés aux pièces de pont. Ces câbles, tout en reliant les diverses parties du tablier, reporteront sur les points d'appui les efforts horizontaux.

Le poids de la superstructure de la travée centrale, y compris celui des quatre câbles en fil d'acier, de 0^m,28 de diamètre pour chacun, est évalué à 3,483 tonnes. Le poids temporaire d'une foule circulant pêle-mêle sur le pont est estimé à 30 livres par pied carré (150 kilogrammes par mètre carré), ce qui fait 1,270 tonnes. La charge totale à supporter s'élèvera donc sur ces bases à 4,753 tonnes.

On veut que le pont, travaillant à la limite de l'effort de rupture, puisse supporter un poids six fois plus considérable, soit 28,518 tonnes.

Il y aura pour chaque demi-câble 35 haubans, soit 280 haubans pour les quatre câbles. Leur longueur moyenne, comparée à la hauteur des tours, sera de 1^m,87. On leur donnera une section telle qu'ils se rompent sous une charge de 100 tonnes. Chacun d'eux pourra supporter un poids de $\frac{100^t}{1.87} = 53^t.47$, soit, pour les 280, 14,972 tonnes. Reste à supporter pour les poutres et les câbles 13,546 tonnes.

Faisant encore ici abstraction de la résistance des poutres, on veut que les câbles supportent ce poids restant, ce qui fera, pour chacun des quatre, 3,386 tonnes. Le rapport de la flèche à l'ouverture étant de $\frac{1}{12.5}$, la tension du câble au sommet sera de $3,386^t \times 1.64 = 5,553$ tonnes.

La section des câbles se déduit de là. Si on les faisait en fils de fer au lieu de fils

d'acier, le diamètre serait de 15 pouces au lieu de 11 ($0^m,38$ au lieu de $0^m,28$). On déduit de ces données que le coefficient de travail des fils d'acier est compté à environ 15 kilogrammes par millimètre carré.

Pont projeté sur l'Hudson. — Ce pont a surtout pour objet de mieux relier les villes manufacturières de la Nouvelle-Angleterre avec les houillères de la Pensylvanie et les contrées agricoles de l'Ouest, de les relier par des rails continus en supprimant les transbordements et les passages d'eau. Il sera placé à 6 kilomètres au nord de Peekskill. Il desservira à la fois une route ordinaire et un chemin de fer accolés. Il sera construit sur le type et à peu près suivant les dimensions d'East-River bridge. L'ouverture entre les deux culées sera de 488 mètres, la distance entre les axes des tours de $307^m,82$. L'avant-métré porte le poids total du fer et de l'acier à 17,005 tonnes.

Il y aura quatre câbles de $0^m,36$ de diamètre. Le poids suspendu sera de 9,651 tonnes.

La charge qui pourra être supportée sera, savoir :

Pour les voies de fer.	2,400	tonnes.
Pour les autres voies.	2,880	»
La charge de rupture serait.	25,171	»

Pont de Saint-Louis. Le pont en construction sur le Mississipi, à Saint-Louis, constituera une application remarquable du système des arcs en dessous. Cet ouvrage excite en outre l'intérêt par l'emploi de l'acier dans la partie la plus importante de la superstructure.

Le pont, large de 16 mètres, présentera deux étages superposés à 8 mètres de distance, l'étage supérieur supportant une chaussée pour route ordinaire avec deux trottoirs latéraux, l'étage inférieur recevant deux voies de fer pour wagons à traction de locomotives et un passage de 3 mètres réservé entre les deux voies. Les deux tabliers seront supportés par des montants métalliques reposant sur quatre arcs en acier. Il y aura trois arches, d'une ouverture de $158^m,60$ pour l'arche centrale et $150^m,60$ pour les arches latérales. La flèche sera de 15 mètres environ pour la première et de 13 mètres pour les deux autres. Les arcs auront $4^m,11$ de hauteur totale. Chacun d'eux sera formé de deux tubes de $0^m,45$ de diamètre extérieur, maintenus à $3^m,66$ de distance d'axe en axe. Les tubes seront en acier, et les pièces qui les relieront entre eux seront en fer. Chacun de ces tubes curvilignes sera formé de tronçons de $3^m,60$ de longueur réunis par des manchons, chaque tronçon se terminant à ses deux extrémités par une partie filetée qui pénètre dans le manchon taraudé. Un très-fort goujon cylindrique, horizontal, perpendiculaire au plan de tête du pont, traversera chaque manchon en son milieu. C'est sur ces goujons que reposeront, avec faculté d'osciller un peu, les grandes tiges verticales portant le double tablier.

La section transversale de chaque tube est composée de six segments en acier laminé, d'une épaisseur variant de 38 à 62 millimètres, reliés d'abord par une chemise d'acier de 6 millimètres, puis par de gros boulons qui traversent le tube d'outre en outre, et dont les uns sont verticaux, tandis que les autres sont inclinés à 45° de chaque côté de la verticale.

La quantité d'acier employée s'élèvera à environ 2,500 tonnes, les quatre cinquièmes s'appliqueront aux tubes. Après un grand nombre d'essais, on a cru devoir renoncer

à l'acier carburé, et l'on a décidé l'emploi de l'*acier chromique*, qui, selon M. Eads, directeur des travaux du pont de Saint-Louis, se prête plus facilement au laminage et présente de plus grandes garanties d'uniformité. Il y a là une expérience d'un intérêt considérable au point de vue de la métallurgie et de l'art des constructions.

Conclusions de M. Malézieux. Les nouveaux systèmes de ponts métalliques à poutres droites, employés aux États-Unis, ne sont pas inconnus en France. Mais ils n'y ont peut-être pas suffisamment fixé l'attention. La préférence à peu près exclusive dont ils sont l'objet, chez un peuple aussi pratique que les Américains, est un enseignement utile à méditer.

Au second plan apparaît le système des ponts suspendus. Inventé en Amérique dès la fin du siècle dernier, il y a été perfectionné et rajeuni depuis l'époque où l'accident du pont d'Angers, et plusieurs autres, l'ont relégué chez nous (comme en Angleterre) dans un discrédit exagéré. Ce qui manquait aux ponts suspendus en rigidité, en solidité, en résistance à l'action des grands vents, on a cherché à le leur donner; et des applications considérables, aujourd'hui sanctionnées par le temps, autorisent à dire qu'on y a réussi. Par une combinaison rationnelle des câbles de suspension avec les poutres longitudinales et les haubans, par l'inclinaison donnée au plan des câbles et l'addition d'amarres extérieures, enfin par des perfectionnements introduits dans la fabrication et les modes d'attache des câbles en fil de fer, M. John Rœbling a su faire des ponts, plus dispendieux sans doute, mais parfaitement solides, et qui ont résolu des problèmes inabordables par tout autre système. Franchir sans points d'appui intermédiaires des espaces de 250 mètres, puis de 322, 387, et bientôt probablement de 493 mètres, c'est là un progrès dont l'esprit humain a le droit de s'enorgueillir. Le système peut s'appliquer, d'ailleurs, à des circonstances moins extraordinaires. Il permettrait, par exemple, de franchir la Seine dans Paris sans en embarrasser le lit par des piles et des enrochements, sans restreindre la hauteur des passages utiles à la navigation et sans déparer les rives monumentales de notre petit fleuve.

Quelle que soit la différence de principe qui existe entre les hauts ponts suspendus et les ponts à poutres droites, les ouvrages de l'un et de l'autre type, que les Américains construisent depuis vingt ans, nous paraissent fortement empreints d'une idée commune, l'idée de la suspension, ou en termes plus précis, du métal employé à l'extension plutôt qu'à la compression.

S'il n'était pas superflu d'insister sur la différence essentielle des deux modes de résistance et sur l'infériorité de l'un par rapport à l'autre, nous emprunterions aux Américains une démonstration expressive et pittoresque comme ils les aiment. Un prisme d'acier de section quelconque pourrait être suspendu à une dizaine de kilomètres au-dessus de la terre sans que la portion de ce prisme qui confine au point d'attache se rompît sous la charge totale. Mais qu'on imagine le même prisme posé sur sa base inférieure, à laquelle nous supposerons 2 ou 3 centimètres de côté, réduisît-on la hauteur de 10,000 mètres à 1,000, ou même à 100, la tige ne s'en affaisserait pas moins sur elle-même comme une longue ficelle qu'on aurait entrepris de faire tenir debout; et pourtant la partie inférieure du prisme serait moins près de s'écraser dans ce deuxième cas que la partie supérieure ne l'était de se déchirer dans le premier.

Si donc on veut utiliser intégralement la résistance d'un métal, il faut le faire travailler par extension autant que possible : on y trouvera une économie spéciale

et qui peut aller très-loin. Il est également logique de n'exposer à la compression que des pièces de peu de longueur, des pièces creuses, et surtout de ne pas croire que les mêmes organes puissent brusquement et impunément passer de la tension extrême à l'extrême compression.

Tel nous paraît être le programme théorique que les Américains ont dû se poser en termes plus ou moins nets. Quand des innovations se produisent sous la double autorité de principes aussi rationnels et d'applications si considérables, elles ont droit, croyons-nous, à toute l'attention des hommes du métier.

Enfin, dit en terminant M. Malézieux, nous avons constaté la sollicitude persistante de l'opinion publique et du gouvernement pour les voies navigables. Celles-ci peuvent quelque jour reprendre un élan nouveau dans un pays dont on s'applique si bien à mettre en valeur toutes les ressources naturelles. Aussi les protége-t-on contre des servitudes dont le poids pourrait se faire lourdement sentir plus tard.

En permettant d'établir les ponts indispensables au développement des voies ferrées, le congrès veut du moins n'imposer à des droits préexistants que les restrictions rigoureusement nécessaires. Les ingénieurs y regardent de près; ils examinent mûrement quelle est, à côté du débouché apparent des ponts, la largeur réduite par les déviations variables du courant et la profondeur diminuée par les ouvrages inférieurs à l'étiage. Ces préoccupations de police administrative peuvent surprendre dans le pays classique de la liberté illimitée; elles n'en sont que plus instructives.

M. Dallot demande à soumettre à la Société quelques observations sur les faits rapportés par M. Malézieux.

Ces faits paraissent avoir frappé au plus haut point notre administration des travaux publics. M. l'inspecteur général Belgrand s'est exprimé ainsi dans une Note présentée à l'Académie des sciences :

« Dans l'Ancien-Monde, presque toutes les difficultés des travaux publics viennent des hommes. Nos enquêtes interminables, nos déclarations d'utilité publique, nos dispendieuses expropriations, nos procès sans fin, sont l'objet des plus sérieuses préoccupations de l'ingénieur. De l'autre côté de l'Atlantique, on ne s'en tourmente guère; mais on se trouve en présence d'obstacles naturels dont l'ingénieur européen n'a jamais à se préoccuper. Les hardies solutions de nos confrères d'Amérique seront donc sans application chez nous. *Il faut cependant faire une exception pour ce qui concerne l'emploi rationnel des métaux dans la construction des ponts; là, au contraire, nous aurons beaucoup à prendre.* »

On pourrait peut-être demander à M. Belgrand s'il est bien convaincu que les traversées des Alpes, le percement de l'isthme de Suez, la réunion des railways de France et d'Angleterre à travers le Pas-de-Calais mise sérieusement à l'étude, n'aient à vaincre que des obstacles naturels d'une importance médiocre, et que l'ingénieur européen ne soit jamais appelé sur le terrain purement technique à lutter d'initiative, d'invention, de volonté, de persévérance, avec ses confrères du Nouveau-Monde. Mais il s'agit seulement ici de discuter l'appréciation formulée en termes si nets sur l'infériorité de nos principes en matière d'emploi rationnel du métal. Examinons.

Nos ponts métalliques à poutres droites se distinguent des ouvrages analogues construits en Amérique par deux différences caractéristiques :

1° L'emploi de rivets pour les assemblages au lieu de boulons d'articulation ;
2° La continuité des poutres au lieu de l'indépendance des diverses travées.

Quant à la composition des poutres, elle est chez nous la même qu'aux États-

Unis, et si l'on met à part quelques types évidemment vicieux et irrationnels, il n'existe pas en Amérique de système de poutre droite dont on ne puisse trouver des spécimens en Europe.

Nous connaissons très-bien ce qu'a d'avantageux, au point de vue de la facilité et de la rapidité du montage, l'emploi des assemblages au moyen de boulons d'articulation. Aussi les employons-nous dans les fermes qui supportent la toiture de nos édifices et en général dans la plupart de nos constructions n'ayant à supporter que des charges à l'état de repos. Mais pour les poutres destinées à résister à des charges mobiles, la rigidité devient un élément indispensable, et elle ne peut être obtenue qu'avec des assemblages rivés, parce que les boulons d'articulation prennent rapidement du jeu sous l'effet des vibrations dont l'amplitude s'en trouve de plus en plus accrue. C'est ce qui est arrivé en Angleterre au viaduc de Crumlin, dans lequel toutes les pièces étaient d'abord articulées entre elles. Il en est résulté une détérioration rapide de cet ouvrage d'art, qui a dû être reconstruit entièrement avec des assemblages rivés.

Il est regrettable que le rapport de M. Malézieux ne contienne aucun élément d'information sur les flexions que prennent les ponts métalliques qu'il a observés aux États-Unis, ainsi que sur les dépenses d'entretien qu'ils nécessitent et sur leur durée. Peut-être la connaissance de ces points porterait-elle une sérieuse atteinte à l'admiration que ressent notre administration des travaux publics pour l'état de l'art des constructions en métal de l'autre côté de l'Atlantique.

Quant au principe de la discontinuité des poutres dans les ponts à plusieurs travées, on pourrait difficilement le représenter comme un progrès, car il est aussi contraire à la stabilité qu'à l'économie. Les Anglais, qui s'y conformaient dans leurs premiers ouvrages, y ont renoncé et ont fini par appliquer, malgré leur méfiance de la théorie, nos belles méthodes de calcul des poutres continues.

Ainsi les principes de construction des ingénieurs des États-Unis ne paraissent pas l'emporter sur les nôtres, et semblent s'inspirer uniquement de la nécessité de faire vite et de la pénurie d'ouvriers exercés contre laquelle, reconnaissons-le, ils ont à lutter dans la plupart des cas. Là, comme dans tous leurs travaux en général, on trouve fortement accentué le trait que nous signalions au début de notre compte rendu, *le cachet d'improvisation*. Il est remarquable que des nécessités identiques aient conduit les Anglais aux mêmes solutions dans la construction des chemins de fer indiens. On y a exclusivement adopté la poutre Warren, qui constitue, en définitive, le plus simple de tous les types analogues employés aux États-Unis. Aux Indes, on a été jusqu'à constituer tous les ponts sans exception avec un nombre variable de travées de même portée, de façon à employer partout des éléments identiques. C'est là un système qui s'impose en quelque sorte lorsqu'il s'agit de faire pénétrer les rails dans des pays déserts placés à d'immenses distances des lieux de production. Mais les ouvrages d'art, édifiés au centre de l'industrie la plus avancée, doivent évidemment satisfaire à d'autres exigences et présenter un caractère tout différent.

Les Américains ont-ils au moins pour eux, comme on l'a affirmé, la supériorité de l'économie? On va voir qu'il est loin d'en être ainsi. Le seul ouvrage exécuté, dont on trouve le poids dans le rapport de M. Malézieux, est le pont de Quincy, dans l'Illinois. Du reste, l'étude de cet important ouvrage paraît avoir été faite avec le plus grand soin, puisqu'on en a dressé quatre projets différents dont on a comparé les poids entre eux. On s'est finalement arrêté au système Linville, l'un des plus avantageux au point de vue théorique d'après le traité du colonel Merrill. Sur les vingt-

quatre travées dont se compose le pont de Quincy, dix-huit, d'une portée de 54m,03 chacune, ont été exécutées dans ce type. Les six autres, d'une portée de 26m,68 seulement, ont été exécutées dans le système Bollmann. Le poids moyen par mètre courant s'est élevé à 1,942 kilogrammes.

Or, le pont de Bordeaux, dont le type se rapproche le plus des systèmes américains, l'un de nos ouvrages les plus solides et les mieux exécutés, qui se compose de cinq travées de 77m,056 de portée et de deux travées de 62m,864, pèse seulement 2,915 kilogrammes par mètre courant de voie. Ce poids se réduirait à moins de 2,500 kilogrammes si le métal, au lieu de travailler à 6 kilogrammes au maximum par millimètre carré de section, travaillait à 7 kilogrammes, comme dans le pont de Quincy. Les poids sont donc à peu près comme 4 est à 5, tandis que les carrés des portées sont dans le rapport de 1 à 2. Le pont de Bordeaux a donc employé un poids de métal proportionnellement moindre.

Le pont de Langon, le premier ouvrage métallique à grandes portées qui ait été construit en France, fournit un exemple plus remarquable encore. La travée centrale a 73m,90 d'ouverture et les deux travées extrêmes ont chacune 63m,40. Le poids par mètre courant de voie n'est que de 2,264 kilogrammes, et ce poids se réduirait à moins de 2,000 kilogrammes si le coefficient de travail du métal avait été élevé à 7 kilogrammes par millimètre carré. Voilà donc un ouvrage dans lequel le poids du métal par mètre courant n'est pas plus considérable qu'au pont de Quincy, quoique les carrés des portées soient dans le rapport de 5 1/2 à 3.

Enfin les États-Unis sont-ils fondés à revendiquer la découverte des principes qui permettent de placer le pont suspendu dans des conditions de stabilité et de durée égales à celles des autres systèmes; est-ce à eux que l'art de l'ingénieur doit les moyens de franchir avec sécurité des portées regardées jusqu'ici comme inabordables? Nous répondrons à cette question par la citation suivante empruntée au traité de la construction des ponts métalliques, publié par MM. Molinos et Pronnier en 1857.

« La construction des ponts suspendus, quoiqu'elle doive incontestablement être « rangée parmi les plus intéressantes et les plus utiles, n'a participé en rien des « progrès que les autres branches des arts ont faits dans ces derniers temps à côté « d'elle; ces ponts se bornent à un type unique qui depuis l'origine n'a subi que des « variations insignifiantes.

« Leur utilité ne s'est manifestée que par les nombreuses reproductions de ce « type qui, toujours reconnu vicieux par l'expérience, a fini par être justement con- « damné par l'opinion, et semble maintenant devoir être définitivement abandonné.

« De ces tentatives malheureuses il est résulté dans le public des préjugés aujour- « d'hui fort enracinés au sujet de ces ponts. Il semble, en effet, qu'un pont suspendu « consiste essentiellement en un tablier très-léger lui-même, soutenu par des tiges « verticales reliées à une ou plusieurs chaînes en forme de cordes, le tout présentant « un ensemble déformable sous l'action des moindres surcharges, vibrant sous le « pas d'un cheval au point de donner souvent de graves inquiétudes, que de fréquents « et terribles accidents légitiment du reste.

« Il est certain cependant que ces inconvénients ont leur source non pas dans le « système même des ponts suspendus, puisque nous verrons tout à l'heure qu'il est « l'un des plus rationnels, c'est-à-dire des plus économiques, à sécurité égale, qu'on « peut rencontrer, mais bien à la manière dont ce système a été traduit en pratique « dans la plupart des constructions de ce genre exécutées jusqu'à présent; il suffira « pour démontrer ce point d'examiner le mode de résistance de ces ponts.

« Un pont suspendu doit en effet se composer d'une chaîne ayant la forme de la « courbe d'équilibre, c'est-à-dire à peu près d'une parabole. A cette chaîne est « suspendu au moyen de tiges un tablier qui porte les surcharges.

« Dans ce système, tout le métal employé travaille à la traction, c'est-à-dire dans « les conditions de résistance les plus favorables.

« En donnant à la chaîne une certaine hauteur sur les piles, on peut, eu égard à « son développement, trouver la position qui correspond au minimum de métal, et « rendre ces ponts excessivement économiques par rapport aux autres systèmes ; un « seul inconvénient leur est reproché, c'est leur facilité à vibrer : voyons quelle en « est la cause.

« Dans toutes ou presque toutes les constructions de ce genre, le tablier du pont « suspendu se compose de poutres parallèles placées transversalement à l'axe du « pont, et dont chaque extrémité est soutenue par une tige verticale. Cette tige est « fixée à la chaîne, souvent même à plusieurs chaînes généralement composées de « câbles en fil de fer. Lorsqu'une surcharge, telle qu'une lourde voiture, par exemple, « vient à passer sur le pont, le poids de cette surcharge est transporté tout entier « par une seule tige en un seul point de la chaîne ; ces chaînes, n'offrant malgré « leur tension que peu de résistance dans le sens vertical, fléchissent en s'approchant « de la forme rectiligne, et le tablier descend d'une certaine quantité ; on comprend « alors que ce mouvement donne naissance à une série d'oscillations qui sont fort « longues à arrêter, car la pesanteur est la seule force qui tende à réduire le système « au repos.

« Ces oscillations augmentent d'amplitude par la combinaison des efforts qui les « produisent, comme l'ensemble du pas de quelques personnes, etc., et soumettent « le système à des efforts qui peuvent dépasser considérablement ceux que l'on dé- « duirait de l'équilibre pratique, et amener par conséquent sa ruine totale.

« *De la composition des tympans.* — On voit donc, en résumé, que le problème à « résoudre consiste à s'opposer à la déformation de la chaîne : voici comment nous « croyons qu'on peut y arriver :

« Il ne faut pas d'abord qu'une surcharge puisse jamais être transmise à la chaîne « en un seul point à la fois ; il faut, au contraire, que ces surcharges soient toujours « réparties sur la plus grande longueur de chaîne possible.

« Les dispositions qui conduiront à ce résultat seront d'abord l'emploi de tabliers « formés de poutres en croisillons ou de poutres parallèles, reposant sur des poutres « longitudinales, qui elles-mêmes sont soutenues par les tiges ; ensuite, les tiges ne « doivent pas être verticales, mais disposées en croisillons de manière à former une « espèce de latice, de telle sorte qu'un poids placé en un certain point du tablier « soit, par l'intermédiaire de ce latice, réparti sur une grande longueur de chaîne à « la fois ; il faudrait renoncer aux tiges en fil de fer, pour leur substituer les fers à « T laminés, rivés tous ensemble à tous leurs points de rencontre, et produisant par « conséquent des décompositions de force propres à atteindre encore mieux le but « proposé.

« Enfin, et c'est le point le plus important, nous croyons que les chaînes elles- « mêmes doivent être construites dans un tout autre esprit.

« *De la construction des chaînes.* — La presque totalité des chaînes actuellement « employées pour les ponts suspendus se compose de câbles en fil de fer ; les raisons « qui ont poussé à ce choix sont de deux natures : d'abord, il est vrai que le fil de « fer présente, sous la même section, une résistance plus considérable que les « autres espèces de fer, et qu'il est d'une qualité supérieure et plus égale ; ensuite,

« l'emploi des fers laminés a rencontré longtemps dans les arts une opposition basée
« en partie sur un préjugé : on pensait généralement qu'on devait accorder au
« métal et à ses différents modes d'assemblage une confiance très-restreinte. De
« grandes expériences, des travaux qui doivent servir de modèle ont été exécutés
« depuis, et nous croyons pouvoir dire que c'est en effet là une opinion erronée.
« Des tôles rivées peuvent être employées à résister à un effort de traction avec
« autant, nous dirons même plus de sécurité que les câbles en fil de fer ; ces der-
« niers sont certainement soumis à une incertitude beaucoup plus large par leur
« fabrication même, et par les plus grandes facilités qu'ils présentent à l'action des-
« tructive de l'air. Il est en effet difficile de s'assurer que tous les fils d'un câble en
« fil de fer sont également tendus, et c'est pourtant à cette condition seule qu'on
« peut compter sur sa section ; c'est d'ailleurs la manière d'employer le métal qui
« peut présenter à l'air le plus de surface, et une fois l'oxydation commencée,
« la destruction la plus rapide. Il est inutile de fournir à l'appui de cette remarque
« les nombreux exemples d'accidents qui ont eu leur source dans cette seule
« cause, et où des câbles mal entretenus ont été détruits dans un temps très-court,
« lorsque dans les mêmes circonstances une masse homogène eût certainement
« résisté.

« Nous ne pensons donc pas qu'on doive, ainsi qu'on l'a fait généralement jusqu'à
« ce jour, considérer les câbles en fil de fer comme le mode d'exécution le plus
« convenable des chaînes de ponts suspendus, les fers laminés ou les tôles rivées
« nous paraissent de beaucoup préférables, et l'emploi de ce dernier système introdui-
« rait en même temps dans la construction de ces ponts une amélioration radicale :
« c'est la possibilité de donner à la chaîne une forme telle qu'elle soit capable d'une
« résistance suffisante dans le sens vertical pour ne plus se déformer.

« Un pont suspendu est-il donc autre chose qu'un pont en arc renversé ? Les
« efforts auxquels la chaîne est soumise sont identiques à ceux qui sont supportés
« par l'arc ordinaire, si ce n'est qu'au lieu d'un effort de compression, chaque fibre
« supporte un effort de traction ; la même analogie existe entre les tympans et le
« latice du pont suspendu ; on voit donc que ce problème de faire un pont suspendu
« sans vibration trouvera sa solution entière dans les modifications que nous propo-
« sons.

« Si, au reste, on pouvait conserver encore à ce sujet quelques doutes, il suffirait,
« pour les lever complétement, de réfléchir à l'analogie qui existe entre les bow-
« strings et un pont suspendu, analogie que les quelques mots qui précèdent mettent
« en évidence ; or, malgré la position très-désavantageuse dans laquelle est placé
« l'arc du bow-string par rapport à la chaîne, puisque le premier travaille à la com-
« pression, c'est-à-dire dans un équilibre instable, tandis que la chaîne et tout le
« système des tympans, soumis uniquement à des efforts d'extension, sont dans un
« équilibre stable, les exemples des bow-strings exécutés sont bien propres à démon-
« trer que ces ponts peuvent parfaitement servir au passage de trains de chemin de
« fer, et qu'à plus forte raison, des ponts suspendus construits suivant les règles
« que nous indiquons atteindraient également ce but, le métal s'y trouvant employé
« dans des conditions de résistance et surtout de stabilité supérieures. »

Nous avons tenu à reproduire dans toute son ampleur cet exposé magistral des principes qui doivent présider à la construction d'un pont suspendu rigide et durable, principes qu'il n'était pas besoin, comme on voit, d'aller chercher au-delà des mers.

A côté de ce lumineux programme, les perfectionnements incomplets appliqués

par les ingénieurs des États-Unis ne nous paraissent plus que des expédients d'une portée bien restreinte, d'une efficacité bien incomplète. Il ne faut pas oublier qu'au pont d'aval du Niagara, le seul qui jusqu'ici donne passage à un chemin de fer, les trains ne circulent qu'à une vitesse peu supérieure à celle d'un homme au pas ; que le tablier subit, sous l'action de leur poids, des déformations très-importantes dans le sens de sa longueur, qui entraînent un entretien dispendieux et ne permettent guère de compter sur une durée prolongée. Incontestablement cette tentative fut à son heure un progrès et un acte de hardiesse. Mais la seule supériorité qu'on puisse lui reconnaître sur les conceptions d'origine française, c'est d'avoir été exécutée.

L'idée d'employer l'acier à la construction des travaux d'art n'appartient pas non plus aux Américains. Depuis plus de dix ans on l'a proposée chez nous, en en indiquant les avantages avec précision. Notre métallurgie nous en a fourni les moyens, comme en témoignent les milliers de kilomètres de rails d'acier qu'elle a déjà fabriqués pour nos chemins de fer.

Mais quoique, presque à nos portes et sous nos yeux, les ingénieurs hollandais appliquassent l'acier à la construction d'ouvrages de premier ordre, notre administration des travaux publics n'a saisi aucune des occasions qui se sont offertes à elle de s'associer à ce progrès ; et pourtant les tristes conséquences de l'invasion de 1870 l'ont mise largement à même d'en faire son profit. Le croirait-on? Parmi les nombreux ponts détruits pendant la guerre, on en citerait bien peu qui n'aient pas été reconstruits avec un nombre de piles plus considérable qu'auparavant. Les solutions d'une seule arche, qui paraissent avec raison si désirables à M. Malézieux, ont été partout écartées par le Conseil des ponts et chaussées, même quand la dépense était inférieure à celle qu'entraînait un ouvrage à plusieurs travées. Le Conseil général du département de la Seine a dû lutter avec persévérance pour faire réduire à trois le nombre des arches du pont de Suresnes que l'administration déclarait ne pouvoir être inférieur à cinq. La dépense s'est trouvée du même coup réduite de plus de dix pour cent ; et si l'administration eût consenti, comme on le lui proposait, à admettre l'emploi de l'acier travaillant à 12 kilogrammes seulement par millimètre carré, tandis que le fer ordinaire était soumis pour la même section à un effort de 15 kilogrammes dans le projet officiel, en même temps que les conditions de stabilité de l'ouvrage se fussent trouvées notablement améliorées, le prix de sa reconstruction eût été abaissé encore.

On voit donc que la direction imprimée par l'État aux travaux publics affecte, aux États-Unis et chez nous, des caractères bien différents. Là-bas, comme le constate M. Malézieux, le contrôle intervient pour faire réduire au minimum strictement indispensable les obstructions créées par les piles dans les rivières ; et cette sollicitude en faveur des intérêts si importants de la navigation devient pour l'art une source féconde de pas en avant. En France, l'administration barre le progrès comme le lit des fleuves, et après avoir refoulé l'essor du génie national, elle va découvrir de l'autre côté de l'Atlantique, pour les offrir en exemples à son pays, les idées qu'elle y a obstinément combattues durant de longues années. Certes la mission de M. Malézieux n'aurait pas été stérile si elle avait pour résultat de nous faire obtenir le contrôle comme en Amérique.

ANALYSE

DU RAPPORT DE MISSION DE M. MALÉZIEUX

Ingénieur en chef des ponts et chaussées

SUR LES

TRAVAUX PUBLICS DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE EN 1870

PARTIE RELATIVE

AUX FONDATIONS HYDRAULIQUES

ET AUX

DISTRIBUTIONS D'EAU

Par M. Émile **FORTIN - HERRMANN.**

PREMIÈRE PARTIE

FONDATIONS HYDRAULIQUES.

Le paragraphe 6 du premier chapitre du rapport de M. Malézieux est consacré à l'examen des procédés de fondations hydrauliques tubulaires, sous le titre de : *Détails spéciaux sur trois ponts en cours d'exécution.*

Ces trois grands ouvrages sont :

1° Le pont d'Omaha ;
2° Le pont de Saint-Louis;
3° Le pont de la rivière de l'Est à New-York.

1° **Le pont d'Omaha**, sur le Missouri, sera la tête de ligne orientale du chemin de fer du Pacifique et le point de jonction, à Council-Bluffs, des lignes ferrées du Chicago et North-Western, du Chicago et Pacific, et du Chicago et Burlington, Compagnies aux frais desquelles les travaux s'exécutent depuis 1870. Ce pont doit relier les quatre grandes artères de l'Est des États-Unis avec l'Ouest par la ligne du Pacifique. Il n'aura qu'une voie unique pour la circulation des trains remorqués par locomotives, pour les omnibus à traction par chevaux ainsi que pour les piétons circulant entre les villes voisines d'Omaha et de Council-Bluffs, dont la population

n'est encore que de 29,000 âmes, mais destinée à décupler d'ici à un petit nombre d'années, selon l'imagination surexcitée des habitants. Il se composera de onze travées de 76^m,25 de portée, essentiellement formées de deux poutres métalliques ayant 8^m,50 de hauteur, à montants obliques du système Post, et écartées l'une de l'autre par des semelles supérieures et inférieures métalliques à 5^m,40 de distance. La hauteur du tablier, placé au niveau des semelles inférieures, se trouvera à 15^m,25 au-dessus des hautes eaux; les crues étant de 8 à 9 mètres. Le rocher se rencontre entre 19 et 23 mètres en contre-bas de l'étiage, recouvert d'une couche épaisse de sable excessivement affouillable qui découvre en basses eaux sur une partie de l'emplacement du pont projeté. Des morceaux de lignite et des os trouvés à 15 mètres, indiquent que les affouillements atteignent cette profondeur; et la surface du rocher est partout unie et polie, par le frottement du sable. Le lit du Missouri, dont le courant est rapide, se déplace incessamment; on l'a vu se jeter en quelques mois de plus d'un kilomètre à droite ou à gauche. Pour l'obliger à passer sous le pont, il faudra nécessairement l'encaisser par de fortes rives artificielles en amont.

Les hautes piles de ce pont auront à résister aux chocs violents de la débâcle des glaces, entraînant des arbres arrachés aux rives, et il faut prévoir le choc éventuel des trains de bois et des bateaux à vapeur. Chaque pile est formée de deux colonnes en fonte remplies de maçonnerie de 2^m,59 de diamètre extérieur, écartées, comme les poutres, d'axe en axe à 5^m,49. Elles reposent sur le rocher et s'élèvent jusqu'à la rencontre du dessous des semelles des poutres de travées qu'elles supportent. Une troisième colonne de 2 mètres de diamètre, placée en amont et reliée aux deux colonnes de la pile par de fortes plaques de tôle, en forme de proue de navire, avec armature intérieure, constituera un avant-bec jusqu'au niveau des hautes eaux. Cette disposition suffira-t-elle? M. Malézieux se demande s'il n'eût pas mieux valu élever sur un caisson des piles en maçonnerie? C'est ce que l'expérience, ajoute-t-il, fera connaître.

On opérait isolément par l'air comprimé l'enfoncement de chacune des colonnes, composées de tubes en fonte superposés et boulonnés, ayant 3^m,05 de hauteur et 38 millimètres d'épaisseur, en commençant par la colonne d'aval, de peur que l'échouage éventuel d'un chaland ou autre engin ne vînt en obstruer l'emplacement de la colonne suivante. Cette opération ne présentait rien de particulièrement remarquable. Pour augmenter le poids de la colonne au fur et à mesure de l'enfoncement, on élevait intérieurement une tour en maçonnerie de 0^m,802 d'épaisseur, réduisant ainsi le puits central de service des hommes et des déblais à 0^m,91 de diamètre. L'écluse à air occupait encore le sommet de la colonne, disposition abandonnée, comme on le sait, depuis le fonçage des piles tubulaires du pont de jonction des chemins de fer d'Orléans et du Midi, sur la Garonne à Bordeaux, où la première application du sas à air, immédiatement situé au-dessus de la chambre d'excavation, a permis une si rapide exécution [1].

Un treuil intérieur, desservant une benne à déblais, recevait le mouvement d'une machine à vapeur extérieure par un arbre de transmission à presse-étoupe. Un homme, placé dans l'écluse, versait les déblais alternativement dans deux tuyaux inclinés, traversant la paroi de l'écluse, et qui, armés d'un clapet à chacune de

1. Les 12 colonnes de 3 mètres de diamètre des 6 piles ayant de 20^m,20 à 21^m,88 au-dessous des hautes eaux, ont été fondées du 28 janvier au 7 juillet 1859. Voir les Mémoires et Compte rendu de la Société, en 1862. - Rapports de M. Regnauld, 31 août 1859 et 7 avril 1860.

leurs deux extrémités, constituaient, à l'aide d'un signal. pour opérer l'ouverture et la fermeture au dedans et au dehors, deux petites écluses spéciales à la sortie des déblais, d'une manœuvre facile. Malgré l'imperfection de l'écluse à air établie au sommet des colonnes, M. Malézieux n'a pas moins été frappé de la simplicité d'organisation du chantier, du peu d'espace qu'il occupait, du petit nombre d'ouvriers employés, du peu de bruit et de mouvement qui se produisait alentour, malgré l'avancement relativement rapide du travail.

Sur les dix piles à fonder, les deux extrêmes étaient terminées au mois d'août 1870, et on travaillait simultanément aux deux suivantes. Il n'a été nécessaire de maintenir la direction verticale des colonnes que pendant les cinq ou six premiers mètres du fonçage, en déblayant plus ou moins au pourtour; et comme le poids de la colonne, augmenté de la maçonnerie successivement ajoutée à l'intérieur, ne suffisait pas pour atteindre la vitesse d'enfoncement nécessaire, on pesait sur la tête de la colonne, au moyen d'un levier, buttant sur un point fixe par l'une de ses extrémités, et portant à l'autre une plate-forme chargée de moellons. On obtenait ainsi une surcharge pouvant atteindre 80 tonnes. Le fonçage a été parfois de 0m,30 par heure; il atteignit plus tard jusqu'à 5m,65 en vingt-quatre heures.

A cette vitesse le travail eût été rapidement terminé. Mais comme il fallait déplacer et réinstaller l'écluse à air à chaque addition de tube, on avait mis jusque-là quinze jours environ pour opérer le fonçage d'une seule colonne de 20 mètres de hauteur. M. Sickels, ingénieur en chef, se disposait à appliquer le système du sas à air fixe, au-dessus de la chambre d'excavation, situé ainsi à la base de la colonne, restant dès lors, quelle que soit sa hauteur, en libre communication avec l'extérieur.

Le fonçage achevé, on garnira de béton la chambre de travail, l'emplacement du sas à air, naturellement indiqué par la hauteur d'un tube, ainsi que le vide du puits central ayant servi aux manœuvres. M. Malézieux ajoute avoir, du reste, vu plus tard cette heureuse innovation fonctionner avec succès, aux fondations des ponts de Saint-Louis et de Brooklyn, qui vont être sommairement exposés dans ce compte rendu.

Les ouvriers travaillaient jour et nuit, par période de huit heures consécutives. L'ingénieur comptait employer des ouvriers chinois, dont le service exact et consciencieux serait précieux pour de semblables travaux. On espérait terminer la fondation du pont d'Omaha pour la fin de l'année, et poser le tablier pendant l'interruption de la navigation par les glaces; c'est-à-dire, à la fin de mars 1871.

2° **Le pont de Saint-Louis** en construction sur le Mississipi à Saint-Louis, présente un intérêt de premier ordre, au double point de vue de la superstructure et des fondations. En septembre 1870, la culée de l'Ouest (rive de Saint-Louis) était fondée; les deux piles fort avancées, la culée de l'Est n'était pas commencée. Après diverses modifications, les dessins de la superstructure avaient été remis aux entrepreneurs en juillet, et on pensait que le pont pourrait être terminé à la fin de 1871, à moins de retard tenant aux maçonneries.

Les travaux dont les devis s'élèvent à 5 millions de dollars, y compris deux viaducs d'accès, et un demi million pour indemnités, sont exécutés par « l'Illinois et Saint-Louis Bridge Company ». C'est auprès de ses ingénieurs en chef, le capitaine James C. Eads et son adjoint, le colonel Henry Flad, que M. Malézieux a recueilli les renseignements.

Quoiqu'à 20 kilomètres en aval du confluent du Missouri, les eaux des deux rivières coulent encore l'une à côté de l'autre sans paraître se mélanger, et tandis qu'à Omaha le Missouri a près de 900 mètres de largeur, les deux fleuves, réunis et encaissés en un seul lit devant la grande ville de Saint-Louis, entraînant des masses de sable très-mouvant dans leur cours rapide, ne présentent plus guère que 500 mètres de largeur à la hauteur des eaux ordinaires; c'est-à-dire à 8 mètres, plus bas que les hautes eaux ou à 4 mètres au-dessus des basses eaux. Le zéro d'étiage, situé à 1m,52 plus bas, n'est atteint que pendant l'engorgement du Mississipi par les glaces en amont de la ville. La profondeur d'eau en été est de 5 mètres sur fond de sable fin et terreux. Le rocher est par-dessous à une profondeur qui, d'après deux repères admis, est :

	EN CONTRE-BAS	
	De l'étiage.	Des plus hautes eaux.
Pour la culée de l'Ouest...........	3m.97	16m.78
Pour la pile de l'Est...............	26m.23	39m.04
Pour la culée de l'Est.............	28m.67	41m.68

Les affouillements, les débâcles de glaces et des grands arbres arrachés aux rives, les chocs des bateaux sont ici beaucoup plus redoutables qu'à Omaha. Les fondations devaient être extrêmement difficiles. Ces considérations firent réduire à deux le nombre des piles à construire en plein courant.

Le pont aura 16 mètres de largeur et deux étages superposés à 8 mètres. La voie supérieure pour voiture et piétons sera située à 30 mètres au-dessus des eaux ordinaires; l'étage inférieur aura deux voies pour locomotives et un passage de 3 mètres entre les voies.

Les travées des rives, ayant 150m,60 et celle du milieu 158m,60 d'ouverture, seront composées de quatre arcs tubulaires en acier de 0m,45 de diamètre extérieur, superposés deux par deux à 3m,66 d'axe en axe. Ces arcs auront 4m,11 de hauteur totale et supporteront par des montants métalliques rigides le double tablier. La flèche des arcs sera de 15 et 13 mètres. Le dessous du tablier métallique, de plus de 8 mètres de hauteur, affleurera l'intrados de l'arc inférieur. Les rampes d'accès sur viaduc auront 15 millimètres d'inclinaison jusqu'au milieu du pont.

Chacun de ces grands arcs est formé de 43 et 45 tubes curvilignes de 3m,60 de longueur, réunis les uns aux autres par un manchon fileté. Un fort goujon horizontal relie les tubes consécutifs au manchon et sert de point d'appui rotatif à chacune des grandes tiges ou montants verticaux sur lesquels reposera le double tablier. Ces tubes sont eux-mêmes formés de six segments en acier laminé primitivement à nervures de 0m,24 de largeur et 38 à 62 millimètres d'épaisseur. Ils sont assemblés entre eux par le tube extérieur ou chemise en tôle d'acier rivée de 6 millimètres d'épaisseur et par une série successive de trois gros boulons, traversant de part en part et répartis sur la circonférence du tube suivant trois diamètres. Il entrera 2,500 tonnes d'acier dans la construction, dont les quatre cinquièmes pour les arcs.

La superstructure s'exécute par la « Keystone Bridge Company » de Pittsburg. Une usine voisine de Philadelphie fabrique l'acier par sous-traité.

Quelques détails sur les difficultés de fabrication des premières pièces en acier sont d'un grand intérêt : on ne put tout d'abord obtenir, sans modifier la fabrica-

tion, 60 boulons d'amarre des plaques de retombée des arcs, ayant 0,15 de diamètre et de 6m,70 à 11 mètres de longueur, soumis à une charge d'épreuve de 519 tonnes, effort double de leur travail effectif. Même déception pour les segments des tubes auxquels il fallut supprimer les nervures, non sans un remaniement dispendieux des laminoirs. Six mois après, et dès la première épreuve, on reconnut que l'acier n'offrait pas la résistance suffisante. Les proportions du fer et du charbon furent modifiées, sans obtenir cependant pour un même mélange des pièces à résistance constante. On essaya alors l'emploi de l'acier chromique de M. Bauer, qui fut exclusivement adopté par la Compagnie, après, dit-on, des essais parfaits.

M. Eads avait visité en détail les usines de MM. Petin et Gaudet et de M. Krupp. Il y avait reçu l'assurance que l'acier carburé pouvait satisfaire aux conditions d'épreuve du pont de Saint-Louis; mais après les premiers essais, dans lesquels pas un seul morceau d'acier chromique n'a fait défaut, il est plein de confiance dans le succès. Il pense que la supériorité de ce dernier tient à ce que le chrôme n'a que peu ou pas d'affinité pour l'oxygène et par suite n'est pas exposé à être séparé du fer brûlé par une chaleur intense. Cet acier se prête plus facilement au laminage, et finalement la charge de rupture par compression des pièces déjà fabriquées est très-supérieure à celle du devis, et l'addition du chrôme pourrait, paraît-il, en reculer presque indéfiniment le terme.

Les pièces de fer sont aussi très-difficiles à obtenir. Elles ne doivent se rompre aux essais que sous une tension de 42 kilogrammes par millimètre carré; jusqu'ici (octobre 1871), les pièces présentées n'ont pas supporté plus de 35 à 38 kilogrammes; beaucoup se sont rompues sous 34 kilogrammes. Cependant l'usine de Philadelphie prétend réussir à court délai.

Une machine à essayer les métaux, dont le colonel Flad est le principal inventeur, et dont la description et les résultats ne peuvent entrer dans le cadre du présent compte rendu, permet de mesurer, à 1/200,000e de pouce près, les modifications de longueur produites sur un échantillon de métal, de bois ou de pierre, par des efforts de compression ou d'extension.

L'exécution de *la pile de l'est* ayant 283m,00 de surface, devait avoir lieu par l'air comprimé à 31m,00 en contre-bas des eaux ordinaires et à 39m,04 des hautes eaux. On donna au caisson hexagonal en tôle 25m,00 de longueur d'amont en aval, 16,00 aux deux longs côtés, 18m,50 d'écartement entre eux, et 10m,30 de longueur aux quatre faces obliques. Le plafond en tôle est armé de quinze poutres longitudinales en tôle pleine à double T de 1m,52 de hauteur. Il est non-seulement consolidé sur le pourtour par des écoinçons verticaux en tôle, mais encore divisé en trois compartiments par deux cloisons longitudinales ayant la même hauteur de 2m,75 que la chambre de travail. Épaisses de 0m,60, elles sont formées par un double rang de madriers de 0m,30 sur 0m,30, entrecroisés et superposés avec armature de feuilles et écoinçons en tôle semblables à l'enceinte. Deux portes mettent en communication les compartiments formant ainsi l'ensemble de la chambre d'excavation. M. Flad a fixé l'attention sur le quadruple avantage de ces cloisons en bois : réduction au tiers de la portée des poutres, soulagement de la muraille extérieure, facilité du lançage du caisson, facilité de la direction de la descente.

Il semble utile d'indiquer que si les portes de ces cloisons avaient été munies de sas à air, chacun des compartiments aurait pû devenir un refuge en cas d'accident, comme on le verra à Broocklyn, pour tout ou partie des ouvriers; mais ici cette précaution ne paraît pas avoir été prise.

Deux puits circulaires de $1^m,45$ avec échelle verticale ont été prévus aux extrémités de chaque compartiment. Un grand puits central de $3^m,05$ de diamètre à escalier tournant pour la circulation des ouvriers aboutit au compartiment du milieu. Les six autres puits servent à la sortie des déblais, au passage des tuyaux divers, et finalement à la descente des matériaux de remplissage.

On immobilisa cette fois l'écluse à air tout au bas de chaque puits, de manière à être suspendue à quelques décimètres du sol d'excavation, c'est-à-dire de plein pied pour la circulation des ouvriers. L'extraction du sable avait lieu par des pompes automatiques, dites *à sable*, d'une application nouvelle[1], rappelant en partie l'injecteur Giffard, dans lesquelles un courant d'eau ascensionnel, sous pression de 10 atmosphères, aspire et entraîne à l'extérieur de chaque puits, par un tuyau de $0^m,088$, jusqu'à 15 mètres cubes de sable par heure.

L'enceinte supérieure et étanche du caisson devait s'arrêter au fond de la rivière. Elle était en tôle de 19 millimètres d'épaisseur. On allongeait cette enceinte ainsi que les puits au fur et à mesure de la construction des maçonneries en moellons calcaires à la base, et de granite parementé au-dessus. Celles-ci étaient édifiées en retraite par gradins ayant $18^m,50$ à la base et seulement 14 mètres au niveau des eaux, laissant ainsi un intervalle, armé de charpentes, de $2^m,80$ entre elles et l'enceinte qu'on remplissait plus ou moins avec le sable des pompes d'extraction suivant les nécessités de la descente de la pile.

Le caisson, lancé en octobre 1869, fut échoué à son emplacement au moyen de quatre pieux creux de 1 mètre de diamètre et enfoncés à l'aide des pompes à sable. Le sommet de ces pièces était muni de grands verins auxquels il demeura suspendu jusqu'à la rencontre du sable. On atteignit le rocher le 28 février 1870.

Au moment de l'échouage du caisson, il y avait $10^m,67$ de profondeur d'eau et $20^m,74$ de sable. Une fois en place, il se fit un atterrissement en amont et surtout en aval qui, durant 30 jours environ pendant le cours du travail, dépassa la surface de l'eau. Mais ce dépôt fut toujours assez affouillé sur les côtés de la pile par la rapidité du courant pour ne pas gêner l'approche des bateaux de service.

Le fonçage aurait eu lieu sans incident, si, comme on le pensait, les maçonneries eussent pû toujours être maintenues au-dessus du niveau du fleuve ; mais le granit n'ayant pas été livré en temps utile, il était impossible de suspendre, ni de ralentir suffisamment la marche des chantiers d'excavation et lorsqu'on atteignit le rocher, elles étaient à $1^m,80$ en contre-bas. On commença le remplissage en béton de la chambre de travail ; cependant, lors d'une crue des eaux, alors à $33^m,70$ au-dessus du rocher, et à $5^m,95$ au-dessus des maçonneries, l'enceinte creva sous la pression du sable extérieur : il s'était produit un affouillement à l'est de la pile, sur $16^m,75$ de profondeur par suite duquel le sens de la pression s'était renversé. On remplaça alors la partie supérieure de l'enceinte en tôle par un batardeau hexagonal fortement cramponné aux assises de la maçonnerie, et lorsque celle-ci atteignit 5 mètres au-dessus des eaux, le batardeau fut enlevé.

A partir de $20^m,13$ de profondeur on organisa une correspondance télégraphique entre la chambre de travail, les bateaux de service et le bureau de l'ingénieur en chef, ainsi au courant de toutes les phases du travail. La certitude d'être en communication permanente avec le monde supérieur par un moyen à l'abri presque

1. Il est sans doute ici question de la pompe de M. Friedmann, ingénieur civil à Vienne (Autriche), qui nous en a communiqué les dessins en 1869.

certain des accidents auxquels les hommes étaient exposés, produisit sur les travailleurs un très-salutaire effet moral.

On fabriqua les 1,000 mètres cubes de béton nécessaires dans la chambre de travail même entre $21^{m},40$ et $33^{m},70$ sous l'eau. Son remplissage, ainsi que celui des sas à air et des puits par couches damées de $0^{m},25$, s'effectua en 53 jours, de mars en mai 1870.

Aucun phénomène nouveau, dû à la pression de l'air, ne se manifesta, quant à la descente du caisson, à cette profondeur. L'excès d'air s'échappait au commencement en gros bouillons. Une fois le caisson engagé dans le sable, l'air sortait en bulles à 20 mètres de distance. La dénivellation au-dessous du bord inférieur ne dépassa pas $0^{m},25$. Le sable dans la chambre était ordinairement à $0^{m},30$ ou $0^{m},60$ au-dessus du bord et purgé d'eau. La pression n'a pas dépassé 3 atmos. 40 à 3 atmos. 45; les manomètres extérieurs ont indiqué jusqu'à 3 atmos. 53.

Les effets de l'air comprimé sur les hommes ont été plus accusés à cette profondeur. La douleur sur le tympan était très-vive chez certains. Mettant 15 minutes à s'introduire la première fois, ils passaient ensuite en 5 minutes sans aucune gêne. A mesure qu'on descendit au-dessous de 20 mètres, les cas de paralysie articulaire inférieure et même abdominale devinrent plus graves, mais diminuèrent avec la durée du séjour, successivement réduite de quatre heures à trois, puis à deux et finalement à une heure.

Sur 352 hommes employés sous l'eau, la moitié n'éprouva aucun accident pendant toute la durée du travail; 30 furent sérieusement malades et 12 succombèrent. Quelques-uns de ces derniers n'avaient travaillé que deux heures. Un tableau d'honneur rappelle, dans le rapport de l'ingénieur, le nom des ouvriers sous l'eau au moment de la rencontre du caisson avec le rocher. Des milliers de personnes, parmi lesquelles plusieurs dames de complexion délicate, descendirent impunément. Il n'y eut plus de cas graves parmi les ouvriers à partir de leur séjour limité à une heure; tandis que le médecin principal ayant un jour séjourné 2 heures 45 minutes à 28 mètres fut dangereusement attaqué en rentrant chez lui. M. Eads est porté à croire à l'efficacité des bandes, des bracelets et des semelles galvaniques que tous les ouvriers avaient adoptés; il pense qu'on pourrait travailler également à plus de 33 mètres sous l'eau en réduisant le séjour à moins d'une heure.

La pile de l'Ouest fut commencée trois mois après celle de l'est. On profita de l'expérience acquise; ainsi, pour obtenir l'étanchéité des puits, on remplaça la brique de leur paroi par des douves en sapin de 62 et 76 millimètres d'épaisseur, avec cercles intérieurs en fer dans le bas; on abaissa à $6^{m},30$ la hauteur de l'enceinte supérieure à travers laquelle l'eau avait toujours pénétré; le tout avec une économie de 50,000 francs.

On fut ici moins heureux qu'à la pile de l'est par le manque de granit. Devant la nécessité absolue de démontrer la possibilité de fonder les deux piles, seul moyen efficace d'assurer le placement des obligations de la Compagnie, on se résigna à marcher quand même. On eut recours, encore cette fois, à un batardeau supérieur. On n'était plus qu'à $0^{m},23$ du rocher, quand, au lieu de suivre le mouvement de descente de la pile, le batardeau resta supporté sur un exhaussement de sable s'élevant presque à fleur d'eau, retenant les assises de maçonnerie auxquelles il était lui-même cramponné. Cet accident fut réparé; mais M. Eads estime que le retard de livraison du granit a causé à la Compagnie un préjudice de plus de 250,000 fr.

La culée de l'Est devait être primitivement fondée sur pilotis à $15^{m},25$ en contre-

bas de l'étiage, protégés par des enrochements à pierres perdues; mais, dès le succès de la pile de l'est, le comité de direction résolut de descendre également jusqu'au roc, malgré une augmentation de dépense de 875,000 francs. Le cube de maçonnerie qui était de 9,500 mètres passera à 17,000 mètres, et le massif aura 60 mètres de hauteur depuis le rocher jusqu'au-dessus de la corniche.

Le caisson ayant 465 mètres superficiels se construisait, en septembre, à Carondelet, situé à 10 kilomètres en aval de Saint-Louis, avec des modifications importantes.

Le puits central se terminera par deux écluses à air de 2^m,44, au lieu d'une seule de 1^m,83. Il n'y aura plus que deux puits accessoires réduits à 1^m,22 de diamètre avec chacun une écluse de 2^m,44, pouvant livrer passage à 12 ou 14 ouvriers par éclusée. Situé entièrement en contre-bas du plafond, le volume d'air comprimé sera réduit de 51 mètres cubes. La circulation des ouvriers, fréquemment accablés à la sortie du travail, aura lieu par un ascenseur de 37 mètres de hauteur totale occupant le puits central à escaliers, conservé à 3^m,05 de diamètre.

Un des perfectionnements est la substitution de plus en plus accentuée du bois au fer dans la structure du caisson. Toutefois, l'ingénieur n'a pas cru devoir l'utiliser aux deux piles, craignant les oscillations d'une matière élastique telle que le bois sous les charges parfois inégales de deux travées consécutives dans un pont à arcs. Ici, la culée, pressée d'un seul côté et d'ailleurs fortement contrebutée, n'aura aucun danger de ce genre à redouter.

On forme le plafond de 1^m,47 d'épaisseur, et la muraille d'enceinte ayant 0^m,45 au pied et 2^m,60 d'épaisseur au niveau du toit, en grosses pièces de chêne blanc, fortement chevillées et boulonnées. Les deux cloisons de 22^m,26 de longueur auront 1^m,06 d'épaisseur au pied et 3^m,05 au toît.

Le caisson ainsi construit, en bois massif, n'empruntera pas sa rigidité à la tôle de 10 millimètres, qui ne formera qu'un revêtement extérieur imperméable à l'air comprimé. Le bout tranchant du caisson, en saillie de 0^m,25 au-dessous de la muraille et formé de plusieurs plaques de tôles, aura 76 millimètres d'épaisseur. L'ensemble sera, en outre, consolidé par une série de cornières verticales reliées au bois par des boulons. L'enceinte supérieure en tôle n'aura plus que 3^m,66 de hauteur, et les puits en douves de sapin étant désormais étanches, passé ce niveau la maçonnerie n'aura plus d'enveloppe extérieure.

Si, comme tout porte à le croire, on réussit, une importante économie de matériaux et de travail manuel serait obtenue, en remplaçant la maçonnerie de béton par le sable pour le remplissage presque total de la chambre de travail. Dans ce but, on établira une première couche de béton, assez épaisse pour combler les vides entre le dessous du sabot tranchant du caisson et le rocher, en laissant intact le sable au-dessous des deux cloisons. Ensuite, on laissera lentement rentrer l'eau, puis on versera le sable par dix-neuf tuyaux de 0^m,15 ayant déjà servi à l'extraction pendant le fonçage. Après réintroduction d'air comprimé, des ouvriers, pénétrant par une des écluses, garantie d'avance contre l'obstruction du sable, procéderont à plusieurs reprises à son nivellement; on finira par une couche de béton bourrée sous le toit.

L'ingénieur en chef compte, non-seulement réaliser cette première économie, mais encore réduire des quatre cinquièmes la main-d'œuvre à exécuter dans un milieu aussi fortement comprimé. M. Malézieux n'est pas convaincu que, malgré le tassement facile du sable dans l'eau, la répartition uniforme sur la surface par les

tubes évasés, sur 1^{m},52 de longueur à leur base et le régalement du répandage par des ouvriers, on puisse arriver à combler tous les vides, et finalement, obtenir un massif aussi compact et aussi inébranlable que le serait un massif de béton posé à la main.

Pendant l'exécution des deux piles, les caissons ont été éclairés avec des chandelles. L'emploi de lampes à huile n'a été autorisé qu'à partir de 24^{m},40 de profondeur. La flamme éclairait très-peu, le carbone se volatilise sans brûler et se répand en parcelles très-incommodes dans l'atmosphère comprimée. A 30 mètres une chandelle brûle un quart plus vite qu'à l'air libre, à 33^{m},10 une autre soufflée douze fois en une demi-minute, ne s'est éteinte qu'à la treizième fois. Aussi redoute-t-on beaucoup le contact de la moindre étincelle avec l'huile qui peut se répandre sur les vêtements des ouvriers. On combattait cette fumée des lumières en projetant de l'eau sous forme de rosée; on plaça aussi les chandelles sous un entonnoir renversé, communiquant avec l'atmosphère, par un petit tuyau à robinet au moyen duquel on réglait l'entraînement de la combustion par l'échappement d'un filet d'air comprimé.

Suivant M. Eads, la meilleure solution eut été l'éclairage au calcium, abstraction faite de la dépense; car le seul fonçage de la culée de l'Est, ayant duré 150 jours, aurait coûté 25,000 francs. Il espérait obtenir le même résultat, avec cinq fois moins de dépense, à l'aide du procédé suivant : Chaque chandelle sera enfermée dans un globe en verre épais, avec cheminée et robinet de 25 millimètres de diamètre, communiquant à l'extérieur. La combustion se fera, par conséquent, à l'air libre. Pour le nettoyer, et pour renouveler la chandelle, il suffira de fermer le robinet de la cheminée, d'introduire l'air comprimé dans le globe, et ensuite d'ouvrir. Il est évident qu'on pourra conserver une certaine mobilité à ces lanternes, et qu'en tout cas, par ce système, il sera facile d'entraîner la fumée de carbone au moyen d'un très-faible courant d'air comprimé.

3° **Le pont suspendu à poutres longitudinales de la rivière de l'Est à New-York** doit réunir les villes de Broocklyn et de New-York, dont la population, de 1,325,002 habitants au 1er juin 1870, s'était accrue de 242,672 habitants pendant la seule année de 1869.

C'est un ouvrage d'une importance exceptionelle, même en Amérique, au double point de vue des conséquences de la circulation et des difficultés techniques qu'il doit résoudre.

Le bras de mer qui sépare les deux villes, appelé « Rivière de l'Est », a plus d'un kilomètre de largeur à l'emplacement du pont en cours d'exécution. On estimait que, suivant qu'on ferait payer 1 à 5 centimes par personne, la recette ordinaire serait de 400,000 à 2 millions de dollars, et M. John Roebling, auteur des premiers projets pour le compte de la Compagnie concessionnaire, ne doutait pas que le nombre de 40 millions de voyageurs annuellement transportés d'une rive à l'autre à raison de 2 centimes par les bacs à vapeur (ferry-boats), ne dût s'élever immédiatement à 80 millions, même au prix de 5 centimes, parce qu'au lieu de se rendre d'abord par des omnibus sur les bacs à vapeur, les voyageurs n'auront qu'à monter dans des wagons confortables au centre du quartier commerçant de New-York pour se trouver transportés en cinq minutes au centre de Broocklyn.

La largeur du pont, par suite des conditions ci-après, a été fixée à 25^{m},93. Sa longueur totale sera de 1,778 mètres, en y comprenant deux viaducs d'accès, l'un

de 489m,50 et l'autre de 287 mètres. La circulation des voyageurs aura lieu sur deux voies par des trains ayant 152m,50 de longueur, composés de 1000 voyageurs placés dans dix wagons de 15m25 sur 3m,50 à huit compartiments transversaux. Ils seront remorqués à l'aide de câbles et de machines fixes. Au moyen de portes à coulisses et de treuils placés aux extrémités de l'arrêt du train, la descente et l'entrée des voyageurs ne durera pas plus d'une minute. Il en faudra trois pour le trajet; en sorte que la durée de chaque transport ne dépassera pas cinq minutes. Sous l'influence des événements militaires, M. Roebling estimait, en 1867, qu'en utilisant seulement les convois à vapeur, 24,000 hommes pourraient être transbordés par heure, et qu'avec les trois autres voies de circulation réunies, on pourrait transporter en une journée de New-York à Broocklyn un demi-million d'hommes avec l'artillerie et les bagages.

A droite et à gauche des voies destinées aux wagons existera une voie à rails plats pour les omnibus à traction de chevaux et pour les voitures ordinaires. Enfin, il y aura dans l'axe du pont, entre les deux voies principales et à 3 mètre plus haut, une passerelle ou promenoir de 3 mètres de largeur. Cette promenade, sur l'attrait de laquelle on est autorisé à compter, ainsi que les quatres voies chartières accessoires, produiront encore des revenus importants en sus de ceux qu'on attend du service des wagons remorqués.

Les exigences de la navigation dans le chenal ont conduit à adopter l'ouverture principale de 493 mètres, mesurée entre les points de suspension, ainsi qu'une travée sur chaque rive de 287 mètres, et à ménager une hauteur libre de 41m,17 entre les hautes eaux et le dessous du tablier, dont la longueur totale sera de 1,067 mètres. Pour avoir une idée exacte de l'importance de l'ouvrage, il est indispensable de rappeler sommairement les dispositions générales de ce pont gigantesque. Le tablier, large de 26 mètres, divisé en cinq zones par six poutres en fer longitudinales de 2m,70 et de 3m,80 de hauteur, sera suspendu par quatre câbles en fils d'acier; ceux extérieurs s'écartant du bas et ceux intérieurs se rapprochant. Les tours des piles s'élèveront à 42 mètres au-dessus du tablier et à 85 mètres au-dessus de la mer. Trente-cinq aubans par demi-câble seront fixés sur divers points de la hauteur des tours, ainsi qu'au tablier, à 160 mètres de distance de ces dernières, ne laissant que le tiers de la longueur de la plate-forme sans soutien. Les exigences locales ne permettaient point l'emploi des amarres latérales comme aux ponts suspendus de Pittsburg, de Cincinnati et de Niagara-Falls. Pour résister aux actions horizontales et reporter les efforts sur les points d'appui, M. Roebling a projeté de placer sous le tablier de chaque travée deux câbles paraboliques horizontaux arc-boutés à leur sommet, attachés aux pièces de pont et fixés à leurs extrémités aux piles et aux culées. Les câbles qui, en fils de fer, auraient eu 0m,380, exécutés en fils d'acier, auront encore 0m,280 de diamètre. Le poids de la grande travée, y compris les câbles, est évalué à 3,485 tonnes, celui de la charge de circulation (150 kilog. par mètre carré), à 1,270 tonnes, ensemble 4,755 tonnes. La limite de rupture a été fixée à six fois cette charge, soit à 28,518 tonnes.

A peine cette œuvre gigantesque, mais en même temps fragile, était-elle mise à exécution, que l'esprit américain recherchait déjà les conditions de nécessité de franchir de telles distances, non plus dans l'espace, mais par des tunnels sous-marins devant coûter des sommes énormes. M. Roebling pensait que cette époque devait correspondre au moment où la population aurait décuplé et où l'argent ne coûterait plus que 2 1/2 pour 100.

Pile de Broocklyn. — La fondation des deux piles, surmontées de tours qui auront $84^m,80$ d'élévation au-dessus des hautes mers, devant supporter 4,000 tonnes en outre du poids de la maçonnerie, est d'une importance capitale. Le fonçage du caisson de la pile de Broocklyn a été opéré en sept mois et terminé en décembre 1870. Les renseignements sont dus à M. Washington Roebling, avec lequel M. Malézieux a visité le caisson au mois de septembre, et empruntés à une communication de M. Collingwood, directeur adjoint à la Société américaine des Ingénieurs civils.

On trouve à 25 mètres au-dessous de la basse mer un sol rocheux de gneiss. Les couches supérieures sont d'abord de la vase et du sable, recouvrant des lits d'argile sablonneuse compacte, et contenant des blocs de trapp. Dès qu'on dépasse 15 à 16 mètres, le terrain est très-résistant; aussi, présumait-on s'arrêter à 18 mètres.

L'immense caisson rectangulaire adopté a $52^m,46$ de long sur $31^m,11$ de large à la base; c'est-à-dire, 1,632 mètres de superficie. Sur une pareille étendue on ne devait pas s'attendre à rencontrer un sol également résistant. L'adoption d'un vaste plateau ou plate-forme en bois parfaitement résistant s'alliait à l'idée d'un caisson en bois renversé à air comprimé pour descendre à la profondeur voulue. L'ingénieur ne redoutait nullement ni l'élasticité, ni l'altération par la pourriture et les tarets de ce genre d'assise en bois d'un grand usage en Amérique pour la fondation de ponts, d'ailleurs ici, profondément encastrée au-dessous de la vase et du sable dans un sol compacte.

La hauteur totale du caisson proprement dit est de $9^m,15$, dont 3 mètres pour celle de la chambre de travail et $1^m,52$ pour l'épaisseur normale du plafond. La muraille extérieure, en forme de V, avec fruit extérieur d'un dixième, a $2^m,75$ d'épaisseur au niveau du plafond. L'ensemble est formé de pièces de bois de $0^m,30$ carrés juxta-posées et superposées, dont tous les joints ont été garnis de goudron végétal; de plus, un lit général en feuilles de fer-blanc a été intercalé au cinquième rang des madriers du plafond et l'intérieur de la chambre, en outre, enduit d'un vernis résistant en vue d'éviter les fuites d'air comprimé. Le plafond normal n'est en bois massif que sur $1^m,52$ d'épaisseur; les $4^m,63$ complétant sa hauteur totale de $6^m,15$ sont construits en madriers seulement superposés à angle droit et séparés par des vides de 10 à 12 centimètres qu'on a garnis de béton. Les madriers ont été reliés ensemble par plusieurs milliers de boulons de 22 à 28 millimètres de diamètre, fixés avec rondelle de caoutchouc et de tôle sous les écrous suivant des plans verticaux obliques et parallèles à raison d'un boulon par $1^m,22$ d'écartement; leur longueur varie de $0^m,80$ à $2^m,13$. Le pied du caisson, en sus d'une forte longrine et d'un sabot en fonte, est enveloppé sur les deux faces d'une feuille de tôle recourbée à $0^m,90$ de hauteur et boulonnée. La chambre de travail est enfin divisée en six compartiments par cinq cloisons formées de cadres de sapin avec double revêtement en madriers de $0^m,07$. Ces cloisons ont été prévues, non-seulement pour soutenir le plafond et soulager la muraille d'enceinte, mais encore pour résister à la déformation, au début du fonçage, pendant la basse mer, autant que pour servir de sabots, lors de la mise à l'eau du caisson, à sept glissières sur lesquelles on a voulu limiter la pression à 2 kilogrammes, 7 par centimètre carré.

Six puits placés sur une ligne longitudinale au centre du caisson, ainsi que divers tuyaux de service, communiquent à la chambre de travail. Ceux des extrémités, en tôle de 10 millimètres et rectangulaires de $2^m,13$ sur 2 mètres, plongent dans le sol à $0^m,50$ en contre-bas du caisson, comme au pont de Kehl. Dans chacun de ces puits hydrauliques, fonctionnait à l'air libre une drague, dite en écaille

d'huître, à laquelle on substituait une griffe à mâchoire à l'aide de laquelle on enlevait les blocs de rocher réduits aux dimensions du puits. Comme, à partir de 3 mètres de descente, le sol était peu perméable et asséché, on dut organiser un courant d'eau afin d'entretenir le niveau dans les cuvettes de ces puits. Un seul accident qui, heureusement, n'eut pas de suite, arriva un dimanche. L'eau ayant manqué à l'une des fermetures hydrauliques, l'air comprimé qui s'échappait par un tel orifice produisit, au dire des spectateurs, un volcan en miniature emportant des débris de toute espèce.

On profita des deux grands évidements prévus dans l'intérieur de la pile pour établir au fond deux passages cylindriques de 1m,06 de diamètre, situés dans l'épaisseur du plafond et communiquant chacun à deux écluses à air de 2 mètres de diamètre, destinées, au moyen de deux trappes horizontales occupant le dessus et le dessous du sas et d'une échelle verticale, à livrer passage à un seul ouvrier à la fois[1]. Les deux puits circulaires, situés au milieu du caisson pour la descente des matériaux nécessaires à la confection du béton de remplissage, n'avaient que 0m,55 de diamètre; mais au lieu de s'arrêter au-dessus du plafond, comme les puits de circulation des ouvriers, ceux-ci s'allongeaient au fur et à mesure de la descente, au moyen d'une buse en bois de 0m,05 d'épaisseur avec porte à charnière horizontale à chaque extrémité formant un sas à air dans toute la longueur. Il arriva un jour (en janvier 1871) que des ouvriers jetèrent par mégarde une charge double dans l'un de ces puits et donnèrent le signal à ceux du dedans avant d'avoir fermé la porte supérieure. Malgré la pression de l'air comprimé dans le caissons, l'excédant de poids des matériaux fit basculer la porte inférieure. L'air comprimé s'échappa alors avec une telle force, entraînant un tourbillon de gravier que les ouvriers ahuris ne fermèrent point la porte extérieure. Le danger grandissait rapidement. L'obscurité et un brouillard intense, résultant du brusque abaissement de la pression, régnaient dans le caisson; l'eau montait et atteignait déjà les genoux, quand M. Roebling, à cet instant dans le caisson, aidé des chefs d'équipe, parvint heureusement à déblayer la base du puits et à refermer enfin la porte. La pression, de 1 atmos. 16 avant l'accident, était tombée à ce moment à 0 atmos. 40. Elle fut rétablie en un quart d'heure. Tous les hommes auraient infailliblement été engloutis, si, au lieu de terrain compacte, le caisson s'était trouvé engagé dans du sable perméable à l'eau, comme au pont de Saint-Louis. Ce système d'introduction est donc très-dangereux, puisque son bon fonctionnement ne repose que sur la prudence des ouvriers que des causes multiples peuvent à chaque instant mettre en défaut.

Le plafond était encore traversé par les conduites d'eau, d'air comprimé, des gaz destinés à produire l'éclairage oxy-hydrique, et celles d'expulsion des eaux vaseuses et des matières fécales.

L'eau douce de la ville de Broocklyn alimentait les fermetures des puits d'extraction, et apportait un véritable soulagement aux ouvriers travaillant, nus jusqu'à la ceinture, dans un milieu très-chaud et très-humide.

L'air comprimé, amené du rivage, par une conduite de 0m,25 pénétrant dans le caisson par deux tubes flexibles de 0m,15, était fourni à volonté par six jeux de pompes doubles à simple effet de 0m,38 de diamètre et 0m,35 de course, conduits chacun par une machine indépendante de 20 chevaux. Les six moteurs étaient ali-

1. M. Castor a communiqué à M. Malézieux les dessins d'un caisson flottant n'ayant pas encore fonctionné, pour enrochements aux ports de Brest et de Cherbourg, breveté en 1869, dans lequel existe une disposition analogue.

mentés par une conduite commune venant de six petits générateurs verticaux. Les corps de pompe des compresseurs étaient rafraîchis par un jet d'eau froide.

L'éclairage général du caisson était au gaz. Les deux réservoirs de 0m,55 de diamètre et 1m,83 de hauteur, contenant l'oxygène et l'hydrogène étaient établis sur le dessus du plafond, et en communication avec un réservoir d'eau placé sur le toit d'une maison de la rive; les conditions de pression et de vitesse d'écoulement des gaz, restant ainsi constantes pendant la descente du caisson. L'oxygène comprimé à 15at,3, était livré par une compagnie spéciale de New-York. Une pompe semblable aux compresseurs d'air comprimait l'hydrogène pris sur une des conduites de la ville de Broocklyn. On avait admis que la pression des gaz dans les deux réservoirs devait être supérieure de 1 mètre de hauteur d'eau, à celle du caisson.

Il a fallu constamment se servir de chandelles pour éclairer néanmoins les coins obscurs de l'immense caisson. Elles projetaient encore une lumière passable à la profondeur de fondation de cette pile. On avait essayé de mélanger l'alun avec le suif, de réduire la grosseur des mèches trempées dans du vinaigre, mais sans résultat satisfaisant.

Quand l'imperméabilité du terrain se refusait à l'expulsion des eaux vaseuses par le dessous des bords du caisson, amenées dans des fosses, elles étaient entraînées au dehors par l'air comprimé à l'aide d'un tuyau spécial, dont on plaçait l'orifice inférieur portant un robinet, presqu'en contact avec la surface. L'air comprimé en s'échappant entraînait l'eau, la boue et le sable fin à une hauteur supérieure au niveau des eaux extérieures.

Il y avait encore à assurer l'expulsion des matières fécales : l'appareil consistait en une simple boîte cubique à moitié remplie d'eau, recouverte d'un siége, et communiquant par le dessous avec l'atmosphère extérieure, au moyen d'un tuyau à soupape placée près de l'appareil. Le contenu se dissipait instantanément en un léger nuage, sans laisser la moindre odeur dans le caisson habité par plus de deux cents hommes.

Comme ici le caisson flottait, on n'eut, pour effectuer l'échouage, qu'à régler l'emplacement à la drague à 5m,49 au-dessous de la haute mer, et à construire le massif complémentaire du plafond en bois et béton. Le caisson étant soulevé en totalité, puis en partie par la haute mer, on ne put travailler que huit heures par jour, pendant les trois premières semaines. Il se produisit parfois, avant qu'il ne devînt fixe, c'est-à-dire, trois jours après le commencement de la maçonnerie (15 juin), des soulèvements partiels de 0m,15, avec échappement momentané d'air comprimé, projetant plusieurs centaines de tonnes d'eau à 15 ou 20 mètres de hauteur. Phénomène dont les ouvriers de l'intérieur ne soupçonnaient l'effet que par le bruit et l'agitation de l'air.

La descente sans secousse d'un tel caisson monumental dans un terrain aussi hétérogène était une opération délicate; aussi, commençait-on les fouilles au-dessous de la cloison centrale, on passait ensuite aux cloisons voisines en allant du milieu aux extrémités; des ouvriers choisis étaient seuls chargés de celles au-dessous du sabot d'enceinte de manière à ne pas laisser échapper l'air par des fouilles trop profondes et, en même temps, à reconnaître l'approche des blocs de rocher par tâtonnements un peu en dehors même de la muraille. La descente était ordinairement de 8 à 10 centimètres par jour. Elle était suspendue lorsqu'on rencontrait des blocs. C'est à Broocklyn que, pour la première fois, on fit jouer la mine dans un caisson à air comprimé. Le bruit des explosions était moins intense que dans

l'atmosphère. On craignait surtout la rencontre des blocs à la base des puits hydrauliques prolongés à $0^m,50$ en contre-bas du caisson. Dans ce cas, on fermait par un couvercle le sommet du puits, on refoulait l'eau dans le caisson par de l'air comprimé introduit en dessus de son niveau. On travaillait alors à sec et, après enlèvement du rocher, on réintroduisait avec précaution la colonne d'eau primitive, en laissant échapper lentement le volume d'air comprimé au-dessus par le sommet du puits. Comme, pendant ces arrêts, le terrain se tassait contre la paroi extérieure du caisson, il arrivait qu'à la reprise, la descente était signalée par quelques mouvements saccadés, dus aussi à l'excès d'approfondissement dessous les cloisons, travail qu'il était difficile d'interdire aux ouvriers pendant ces arrêts.

La dénivellation du caisson n'a pas dépassé $0^m,30$ d'angle en angle, et le déplacement final a été de $0^m,11$ par rapport à l'axe et de $0^m,58$ suivant l'axe de la pile.

Le feu prit au caisson, sans accident d'hommes, le 2 décembre 1870 au moment où le fonçage touchait à sa fin. Compris le temps de réparer le dégât, il fallut deux mois et demi pour remplir la chambre de travail. On divisait la surface en cases de 1 mètre de côté, au moyen de planches placées de champ et on y damait le béton par couches de $0^m,15$ à $0^m,20$, puis on bourrait fortement les dernières couches logées sous le toit.

Deux équipes, prenant un repas dans le caisson, travaillaient de jour et une troisième pendant la nuit. Chacune se composait de 118 hommes, comprenant 112 ouvriers et un surveillant par chaque compartiment, soit 236 hommes dans le jour, sous la direction d'un surveillant général. En 1870, le personnel en dehors du caisson (mécaniciens, chauffeurs, forgerons, charpentiers, employés du gaz, mariniers, bardeurs, maçons, etc.), était d'environ 360 hommes.

La pile de New-York aura les mêmes proportions que la pile de Broocklyn. Quoique partiellement encore exécutée, on profite de l'expérience acquise pour introduire les améliorations suivantes dans la construction du nouveau caisson :

En outre des précautions précédentes, on revêt d'une tôle de 5 millimètres la surface intérieure de la chambre de travail, afin d'obtenir l'imperméabilité de l'air comprimé, et on applique à l'extérieur des madriers en sapin de $0^m,10$ d'épaisseur, inclinés au 1/8 afin de protéger les pièces de charpente du caisson.

On fera les cloisons pleines, comme à Saint-Louis, au moyen de neuf cours doubles de madriers horizontaux en pin blanc de $0^m,30$ carrés avec deux ouvertures pour la communication des compartiments entre eux.

Les puits d'extraction seront cylindriques de $2^m,35$ de diamètre en tôle de 12 millimètres 5 au lieu de 10 millimètres. Les écluses à air seront doubles à chaque puits ; elles auront $2^m,45$ de diamètre et seront en partie suspendues dans la chambre de travail, avec portes verticales de manière à circuler à peu près de plain-pied. Au lieu de deux puits d'approvisionnement du béton final, il y en aura neuf, dont huit seront placés en dehors de la maçonnerie de la pile sur la surface libre du dessus du caisson et un seul dans l'épaisseur de la maçonnerie, au centre même de la pile. On remplacera le bois par la tôle pour les huit puits extérieurs, et leur diamètre de $0^m,53$ est porté à $0^m,58$. Les clapets horizontaux des extrémités de ces puits paraissent mieux disposés que ceux ayant causé l'accident de janvier à la pile de Broocklyn ; cependant, ils ne sont pas automatiques, surtout celui du sommet du puits, comme il serait si utile qu'il le fût. Il n'est pas non plus question de sas à air aux ouvertures des cloisons, disposition qui, en permettant de transformer à volonté chaque compartiment en un caisson isolé, pourrait être, en cas

d'accident, comme à la pile de Broocklyn, une cause de salut des ouvriers et de l'ouvrage tout entier.

Il y aura cinquante-six tuyaux d'eau et de gaz de $0^m,09$ de diamètre éprouvés à 14 atmosphères. L'air comprimé arrivera par quatre conduites en fonte de $0^m,15$ de diamètre, empruntant la descente des puits d'accès, traversant l'entrée métallique des écluses à air et débouchant en forme de siphon dans la chambre de travail avec fermeture automatique par un clapet en fonte.

Une des principales améliorations consistera à munir le caisson d'un faux-fond à sa base; c'est-à-dire, d'une plate-forme générale en charpente, qui facilitera la mise à l'eau et le transport, et constituera une assise plus solide pendant l'échouage sur la vase. Ce faux-fond disparaîtra nécessairement dès le commencement du travail à l'air comprimé.

Dans ses conclusions sur les routes et ponts, M. Malézieux, à propos des applications de l'air comprimé, rend en premier lieu hommage à la mémoire de M. Minard, doyen des inspecteurs généraux des ponts et chaussées, qui lui avait remis, au moment de la mission dont il était chargé, une série de questions tendant à connaître ce que les Américains avaient pu imaginer dans cette voie découverte et inaugurée à Chalonnes sur la Loire en 1840 par un ingénieur civil français, M. Triger. Les renseignements rapportés justifient par leur nouveauté le haut intérêt de ces questions. Dans aucun pays du monde, ajoute M. Malézieux, on n'a abordé des caissons comparables en surface à celui de Broocklyn (1632 mètres carrés), ni descendus à la profondeur atteinte à Saint-Louis (33 mètres sous l'eau). L'immobilisation de l'écluse à air au bas des puits d'accès est une innovation capitale [1]. Les avantages attribués aux caissons en bois sur les caissons métalliques [2], — les cloisons séparatives, — les dispositions des puits d'extraction, d'accès et d'introduction des matériaux, — l'emploi de la mine dans l'air comprimé, — celui des dragues de Morris et Cumings dans les terrains plus ou moins durs, — l'extraction automatique du sable au moyen d'un courant d'eau ascensionnel, à la façon de l'injecteur à vapeur de Giffard si simple de construction et d'installation, — le mode d'éclairage des caissons, — les effets de l'air comprimé à trois atmosphères sur la combustion et sur l'organisme humain, — les précautions prises en vue de protéger la vie des ouvriers et les observations faites sur la limite de profondeur à laquelle on peut travailler sous l'eau. Tels sont les points principaux sur lesquels les faits consignés dans le rapport de M. Malézieux jettent un jour précieux.

1. Cette innovation date de 1859, et appartient à la France.

2. Nous pouvons jusqu'à un certain point revendiquer d'avoir eu les premiers en 1050 la pensée de substituer l'emploi du bois au fer dans les puits ou caissons cylindriques de 3 mètres de diamètre, dont les dispositions et surtout les conditions de résistance étaient toutefois insuffisantes telles qu'elles sont indiquées dans notre premier Mémoire sur « les procédés et appareils de fondations tubulaires avec application de la presse hydraulique et de l'eau comme lest; » Mémoire publié dans le Compte rendu de notre Société en 1862.

DEUXIÈME PARTIE

DISTRIBUTIONS D'EAU.

La deuxième section du chapitre V du rapport de M. Malézieux fournit des documents nouveaux sur les distributions suivantes :

1° New-York;
2° Boston;
3° Washington;
4° Philadelphie;
5° Chicago;
6° Montréal;
7° Diverses villes des États-Unis.

1° New-York. — La description de l'aqueduc qui amène les eaux du Croton, commencé en 1837 et assez avancé dès 1842 pour répondre à un service provisoire, a été publiée en 1846 par M. Schramke, et les *Annales* des ponts et chaussées de 1865 contiennent un intéressant article de M. l'ingénieur Huet sur les distributions d'eau de New-York et de Washington. Tout n'ayant pas été dit sur cette première période de premier établissement et des travaux additionnels ayant été exécutés depuis 1849 pour répondre à la consommation croissante, M. Malézieux revient sur l'aqueduc du Croton si remarquable au point de vue de l'histoire de l'art.

Les premiers travaux remontent à 1774, mais ce ne fut qu'en 1834 qu'une Commission municipale adopta le projet de dérivation du Croton. Le résultat d'un vote public en 1835 donna 5,963 contre et 17,330 pour; ces dernières voies furent recueillies principalement dans les arrondissements les plus chargés par le projet de répartition de la taxe immobilière devant subvenir, avec le futur produit des eaux, aux dépenses d'établissement.

On voulut que New-York, alors de 300,000 habitants et sans prévoir peut-être que la population dût tripler en trente-cinq an, reçût 72 millions de gallons, soit 275,240 mètres cubes par jour. La section de l'aqueduc fut déterminée par M. John B. Jervis, auteur des projets et ingénieur en chef de 1836 à 1849. Des expériences faites depuis sur le débit par M. Tracy, ingénieur en chef actuel, tendraient à établir que l'aqueduc peut débiter de 110 à 120 millions de gallons; c'est-à-dire, 417,450 à 445,400 mètres cubes. En tout cas, ce débit dépasse de beaucoup celui des plus grands aqueducs en maçonnerie de l'Europe.

Le Croton se jette dans l'Hudson à 64 kilomètres en amont de New-York. Son débit en étiage est de 122,661 mètres cubes. Pour le dériver, il a fallu en surélever le niveau d'étiage de 12m,20 par un barrage établi à 9 kilomètres en amont de l'embouchure.

Le tracé suit la vallée du Croton, puis celle de l'Hudson. A 13 kilomètres du barrage, il traverse la ville de Sing-Sing; à 53 kilomètres, il entre dans l'île de New-York, en franchissant par un grand pont-siphon la rivière de Harlem. A 3 kilomètres

plus loin, il traverse en siphon la vallée profonde de Manhattan ; enfin, après avoir franchi la dernière vallée de Clendinning à 3 kilom. 5 plus loin, il aboutit aux premiers réservoirs, dits « de réception, » sur la colline d'York, comprise aujourd'hui dans l'étendue du Parc Central. Des conduites en fontes de 3 kilomètres et demi de longueur réunissent ces réservoirs à ceux dits « de distribution, » situés sur la colline de Murray, en bordure de la cinquième avenue, elle-même située à 5 kilomètres de l'Hôtel de Ville.

La longueur totale de la dérivation se divise ainsi qu'il suit :

Longueur de la retenue créée en amont du barrage......		8^{k},054
Aqueduc en maçonnerie, du barrage à la rivière de Harlem........................	52^{k},908	59 ,646
Aqueduc dans l'île de New-York...........	6 ,708	
Traversée des réservoirs de réception........	277	406
Traversée des réservoirs de distribution.......	129	
Tuyaux métalliques du pont syphon de Harlem. . .	0 ,442	
Tuyaux métalliques du syphon de Manhattan.....	1 ,274	5 ,217
Tuyaux entre les réservoirs...............	3 ,501	
Total...............		73^{k},323

L'altitude de la retenue du Croton est à 50^{m},63.

La pente de l'aqueduc, en amont de la rivière de Harlem, est de 0^{m},21 par kilomètre et de 0^{m},14 en aval. La chute au siphon de Harlem est de 0^{m},61 et de 0^{m},91 à celui de Manhattan.

Le pays accidenté, traversé par l'aqueduc, est formé par une succession de vallées de 7^{m},62 à 21^{m},35 de hauteur au-dessus de la ligne normale de fond du radier, et le sous-sol est en partie formé par la roche de gneiss. L'aqueduc présente un grand nombre des tranchées profondes, des tunnels et des remblais. Ces derniers ont exigé l'extraction de plus de 300,000 mètres cubes de rocher, et les seize tunnels, dont la longueur varie entre 48^{m}, 80 et 385^{m},21, ont ensemble 2,086^{m},50. Vingt-cinq cours d'eau, en contre-bas de la ligne de fond de 3^{m},60 à 21^{m},66, sont franchis par l'aqueduc au nord de la rivière de Harlem. Le corps de l'aqueduc a généralement été posé sur un massif de pièrres sèches, flanqué de deux remblais inclinés de terre, et renforcés par deux murs de soutènement ou par des perrés. Les remblais dépassent de 1^{m},22 le dessus de la voûte et jusqu'à 3^{m},98 le dessus de la ligne de fond. Dans six vallées la hauteur de fondation atteint 12 mètres.

La section transversale intérieure de l'aqueduc présente les dimensions suivantes : Un plein cintre de 1^{m},13 de rayon recouvre des pieds-droits inclinés de 1^{m},22 de hauteur, reliés inférieurement par un radier concave de 2^{m},04 de corde et 0^{m},23 de flèche. Le maximum de largeur est ainsi de 2^{m},26, et pour la hauteur de 2^{m},58. La largeur totale de l'ouvrage à la base est de 3^{m},66. La voûte est généralement supprimée dans les tunnels de rocher où les pieds-droits et le radier demeurent toujours enduits de maçonnerie. Dans les terrains sans consistance, la voûte et les pieds-droits sont formés d'un anneau en briques de 0^{m},30 d'épaisseur uniforme, s'appuyant par ses retombées sur l'arc renversé du radier de la même épaisseur.

La solution adoptée pour la traversée de la plupart des vallées consiste en une fondation de pierres sèches avec remblai de terre enveloppant l'aqueduc tout entier. Comme cette solution étonnait M. Malézieux par sa complication, le colonel Church

lui a affirmé que c'était cependant la plus économique de premier établissement, attendu que les pierres étant à très peu de distance, on les employait telles quelles; c'était, suivant lui, le seul moyen de franchir tous ces ravins avec l'argent disponible, d'amener rapidement l'eau à New-York, et d'ouvrir la période des recettes qui, en définitive, ont permis de consolider l'aqueduc tout en amortissant le capital de construction. M. Jervis voulait d'ailleurs soustraire complétement la maçonnerie à l'action de la gelée; son opinion publiée en 1842, était qu'il n'est guère possible de faire des maçonneries susceptibles de rester toujours étanches : l'humidité finit par les pénétrer et par atteindre les parements extérieurs; surviennent les gelées intenses du climat de New-York (ou des départements de la Moselle et de la Meurthe), et l'on peut s'attendre à ce que les cuvettes maçonnées des ponts-aqueducs et des ponts-canaux n'auront qu'une existence limitée.

Malgré ces considérations, la fondation en pierres sèches a donné lieu à quelques mécomptes. Quoique les vides aient été garnis avec soin, avec de la pierraille, il y a eu des tassements et il se produit encore aujourd'hui des fissures dans l'aqueduc. Le système était évidément défectueux. Aussi, M. Jervis proposa-t-il, dès 1846, de remplacer les pierres sèches par un simple massif de terre pilonnée, de sable et de gravier et d'adopter pour type uniforme de l'aqueduc de Boston, l'anneau de briques de ses tunnels en terre meuble. C'est le type usité en France. Il faut encore rappeler que M. Martineau, l'un des ingénieurs des études préliminaires de la distribution de New-York, avait proposé, dès l'année 1835, une conduite circulaire en maçonnerie (a round conduit of masonry).

Cent quatorze aqueducs livrent passage aux cours d'eau et aux eaux pluviales; leur ouverture varie de $0^m,46$ à $7^m,62$ et leur longueur cumulée est de $2,427^m,50$. Trente-trois regards, espacés de 1,609 mètres, sont destinés à l'aérage. Ils sont de forme circulaire et s'élèvent à $4^m,27$ au-dessus du sol en se rétrécissant jusqu'à un orifice circulaire de $0^m,38$ de diamètre. Onze d'entre eux donnent accès dans l'aqueduc.

M. Malézieux décrit ensuite les ouvrages d'art.

Barrage du Croton. — On abandonna l'idée d'établir ce barrage au moyen d'une carcasse de charpente suivant l'usage adopté en Amérique. On le construisit en maçonnerie. Il ne devait barrer que le tiers de la vallée et former déversoir de superficie; le surplus devait être fermé par une digue en terre. Une crue sans précédent vint l'enlever à peine achevée en 1841. Il y eut une brèche de 60 mètres et il fallut cette fois tout reconstruire en maçonnerie sur 87 mètres de longueur.

Ce barrage s'élève à $12^m,20$ au-dessus de l'étiage et à $16^m,77$ au-dessus du lit de la rivière. Il a $18^m,61$ d'épaisseur au niveau de l'étiage. Le noyau est formé à la partie inférieure par des crèches garnies d'enrochements juxtaposées et superposées avec un diaphagme intermédiaire en béton. Du côté d'amont, un remblai revêtu de pierres; du côté d'aval, une maçonnerie de parement avec appareil de grande sujétion, une courbe convexe en haut se raccordant avec une courbe concave d'une inclinaison très-raide qui précipite les eaux de haut en bas. D'un barrage établi naguère à 90 mètres en aval pour amortir la chute du premier et du radier appareillé, décrit par M. Schramke, il n'existe plus de trace, si ce n'est un simple plancher de 18 mètres de longueur faisant suite à la doucine du parement maçonné, construit depuis vingt ans sur des pieux et recouvrant du béton. Dans une crue extraordinaire

du Croton, l'eau s'est diversée, en 1854, par-dessus la crête du barrage en une lame de 2m,54 d'épaisseur.

Pont-siphon de Sing-Sing. — Pour franchir le ravin de Saing-Saing, qui est à 19m,21 en contre-bas de la ligne de fond de l'aqueduc, on a construit une arche à cinq cintres en maçonnerie de 26m,84 d'ouverture et 9m,96 de flèche. Une chemise en fonte, recouverte d'un placage en briques et ciment constitue la cuvette étanche. On a, en outre, ménagé entre les murs de la cuvette en fonte et ceux de tête, un vide de 0m,15, ayant pour but d'assurer l'écoulement des eaux de fuite et de former en même temps un matelas d'air isolant : c'est là le trait original de l'ouvrage.

Pont-siphon de Harlem-River. — En vue de réserver l'avenir de la navigation de cette rivière, la législature de l'État de New-York assigna la hauteur libre de 30 mètres du dessous du pont au-dessus des eaux ordinaires. De là, un ouvrage ayant 457 mètres de longueur et 35 mètres de hauteur, au lieu d'un simple pont-siphon à établir sur une rivière qui, en basses eaux, n'a que 90 mètres de largeur et 190 mètres de largeur aux plus hautes eaux. Le pont se compose de quinze arches en plein-cintre, dont sept ont 15m,25 et les huit autres 24m,40 d'ouverture.

Dans ce pont, comme dans le premier projet de pont bas à une seule arche, l'ingénieur était résolu à n'employer que des tuyaux afin d'échapper sûrement aux filtrations. Deux conduites en fonte de 0m,90 de diamètre sont établies à l'intérieur et se trouvent situées à 3m,66 en contre-bas de la ligne normale de fond.

En 1862, ces deux conduites devinrent insuffisantes; on en ajouta une troisième en tôle de 2m,30 de diamètre, reposant sur des colonnettes établies entre les deux autres. On exhaussa les murs de tête de 2 mètres sans nuire à l'effet architectural du pont; et cette fois, au lieu de remblayer les conduites avec du gravier, on réserva l'accès de la galerie, en la recouvrant d'une voûte surbaissée en briques, appuyée sur des coussinets en fonte que relient des tirants en fer. La promenade établie au-dessus a 7m,62 de largeur, y compris la saillie des corniches.

La conduite nouvelle est composée de feuilles de tôle de 2m,44 sur 1m,83 et 12 millimètres d'épaisseur, réunies bout à bout par des couvre-joints extérieurs de 0m,23 de largeur et par quatre files de rivets fraisés à l'intérieur. Les colonnettes espacées de 3m,66, se terminent en haut par trois rouleaux réunis dans un châssis en fer. La conduite repose sur ces rouleaux par l'intermédiaire de berceaux. Le support du milieu du pont est seul sans rouleau. A chacune de ses extrémités la conduite traverse le mur du regard auquel aboutit l'aqueduc en maçonnerie, au moyen d'un anneau en fonte qui lui-même pénètre à frottement dans un tuyau de même métal. Cette conduite répond seule aux besoins du service; les deux autres ont été conservées en vue des réparations.

Cet ouvrage, terminé en 1849, a été exécuté avec les soins les plus minutieux. On le désigne sous le nom de Haut-Pont « High Bridge. » On a voulu, comme au pont de Sing-Sing, ménager un vide de 0m,15 entre les murs de tête et ceux intérieurs en briques de 0m,30. Les assises des moellons dans les têtes ainsi que les joints sont microscopiques. La dépense s'est élevée à 4,817,139 francs.

Le siphon de Manhattan a 1,255m,38 de longueur et 31m,11 de creux. Il se compose de cinq conduites.

Les trois premières établies	en	1842	ont 0m,91	de diamètre.
La quatrième,	—	1853	— 1m,22	—
La cinquième,	—	1861	— 1m,52	—

Les tuyaux de cette dernière, fondus à Philadephie, ont 44 millimètres d'épaisseur, et seulement 3m,79 de longueur; ils pèsent 5,052 kilogrammes. Semblables siphons étaient rares en Europe, il y a trente ans. Celui-ci à coûté 1,200,000 francs. Un pont-aqueduc eût coûté 5 à 6 millions.

Réservoirs d'emmagasinement. Le lac du Croton, créé par le barrage, couvre une superficie de 160 hectares. Le volume utilisable à l'alimentation de New-York n'est évalué qu'à 159,000 mètres cubes par jour, quoique sa capacité réelle soit de 2,271,500 mètres cubes.

On construit plus haut en ce moment une nouvelle retenue sur la branche ouest du Croton à Boyd's Corners, près de la ville de Kent. La superficie sera de 120 hectares et la contenance de 13 à 14 millions de mètres cubes. La digue a 200 mètres de longueur et relève les eaux de 18m,30. Elle devait être en maçonnerie, en béton avec parements de pierres; il a été décidé depuis qu'on ajouterait un fort remblai de terre en amont du mur. C'est le système mixte de Riquet, appliqué au bassin Saint-Ferréol.

Il sera facile d'établir d'autres réservoirs dans la partie supérieure de la vallée du Croton. La superficie du bassin en amont du premier barage est de 875 kilomètres carrés. Les ingénieurs pensent qu'avec la hauteur moyenne des pluies de cette région (1m,22), le sol très peu perméable et déduction faite de toutes les déperditions, on pourrait dériver sur New-York, si besoin était, plus d'un million de mètres cubes par jour.

Les réservoirs de réception comprennent aujourd'hui deux réservoirs ayant une superficie de 54 hectares et contiennent ensemble 4,240,080 mètres cubes. Le premier réservoir de 14 hectares est d'une capacité de 616,080 mètres, a été établi en 1840, partie en remblai, partie en déblai, allant jusqu'à 11m,60 de profondeur, dans l'enceinte actuelle du Parc-Central qui n'existait pas alors. Il est divisé en deux compartiments par une digue en terre, en saillie de 1m,22 au-dessus de l'eau. Les digues d'enceinte contiennent un diaphragme en corroi et sable fin. Elles sont revêtues de perrés à l'intérieur et à l'extérieur. — Le second réservoir, accolé au premier, a été achevé en 1862. Il a 40 hectares; sa contenance est de 3,624,000 mètres. Les digues sont de même construction. Le parement mouillé est maçonné en mortier. Le plan d'eau, fixé à 10m98 au-dessus du plafond, est à 1m,22 en contrebas des digues d'enceinte. La digue séparative, de 4m57 de largeur avec dessus pavé, se trouve à 0m,90 sous l'eau et celles d'enceinte ont 6m,10 de largeur au couronnement. Ces réservoirs dominent le Parc-Central de tous côtés et en sont un des ornements.

Le réservoir de distribution contient 76,104 mètres cubes. Il est situé à l'angle de la cinquième avenue et de la quarante deuxième rue. Six conduites de 1m22 posées en terre y amènent les eaux du Parc-Central, en suivant le profil ondulé des rues et en passant au-dessus de six d'entre elles. — Au centre d'un quartier opulent, où le terrain devait être déjà très-cher en 1840, ce réservoir ne pouvait être établi avec

des digues en terre semblables à celles des premiers réservoirs. Aussi, les talus extérieurs ont-ils été remplacés par un mur d'enceinte évidé ; ou pour mieux dire, par deux murs de 1m,22 et 1m83 d'épaisseur, reliés et arc-boutés par des murs de refend qui supportent des voûtes transversales de 0m,30 d'épaisseur. Le niveau normal de l'eau est à 37m,21 au-dessus des basses mers, à 4m,57 en contre-haut du sol de la cinquième avenue. Le parapet du couronnement domine de 18m,90 le sol de la 42e rue. La profondeur d'eau est de 10m37. Le réservoir est divisé par un mur en béton avec parements en pierre et à retraites. Les talus intérieurs en terre sont inclinés à 1 pour 1, raccordés avec le plafond par un glacis à 4 pour 1 et recouverts d'un perré maçonné de 0m,38 d'épaisseur. Le fond est recouvert d'une couche de béton de 0m,30. La surface totale de ce réservoir couvre un carré de 132 mètres de côté.

Pendant les deux ou trois mois où le débit de la rivière se réduit à 120,000 mètres cubes, les réserves d'eau du lac du Croton, des réservoirs du Parc-Central et de celui de la cinquième avenue, s'élèvent ensemble à 6,587,684 mètres. Ces réserves considérables se sont trouvées épuisées le 2 octobre 1869 ; mais, par suite de nouvelles dispositions prises en 1870, semblable épuisement n'est plus à redouter. Depuis la fin de l'année 1870 un réservoir spécial, alimenté par des pompes, répond au service des quartiers hauts qui se bâtissent entre la rivière d'Harlem et la vallée de Manhattan. Quelques points exceptionnellement élevés sont desservis par les mêmes machines au moyen d'une « cuvette de distribution » établie au sommet d'une tour. Au moment de la mise en service, un coup de bélier, qu'on évaluait à 2 kilogrammes par centimètre carré, se produisait à chaque révolution des machines et aurait bientôt détruit les pompes et la conduite. Pour y remédier, on adapta à cette dernière un tuyau en tôle ou réservoir ouvert de 9m,76 de hauteur et de 1m,83 de diamètre dans lequel l'eau s'élève librement.

Les îles de la rivière d'Harlem et de la rivière de l'est, sur lesquelles la ville de New-York possède de grands établissements de charité et de correction, sont alimentées par des conduites simplement immergées au fond de l'eau, généralement sur 300 mètres de longueur et jusqu'à 20 mètres de profondeur.

L'île de Randall a trois tuyaux : deux sont en plomb de 76 millimètres de diamètre ; le troisième est en fonte de 0m,15 à joints flexibles, du même système que ceux employés à Philadelphie et dont il est question plus loin.

L'île de Ward est aussi alimentée par trois conduites : une de 82 millimètres en plomb ; une de 56 millimètres en gutta-percha, et la troisième de 0m,20 en fonte à joints flexibles, posée en 1870.

L'île de Blackwells a été alimentée jusqu'à ces derniers temps par deux tuyaux en gutta-percha de 76 millimètres qu'il faut fréquemment relever et réimmerger à grands frais, par suite des avaries dues aux mouvements en sens inverse des marées, sur un fond inégal et raboteux. Un de ces tuyaux, ayant manqué deux fois en 1870, a été remplacé par un tuyau en fonte de même diamètre.

A l'origine de la distribution, les tuyaux étaient essayés d'abord à l'usine de fabrication et ensuite dans le dépôt du service municipal, avant d'être dirigés sur le lieu de pose. Le second essai ayant été supprimé pendant quelques années, les ruptures devinrent plus fréquentes. Cette seconde épreuve a été remise en vigueur depuis 1870.

La distribution proprement dite de New-York présentait au 31 décembre 1869 un développement total de conduites posées de 517 kilomètres.

Des tuyaux en fonte de $1^m,83$ de diamètre, ont été fondus et posés à New-York, mais ils se sont fréquemment rompus à la mise en charge. Il y en a de $1^m,52$; cependant, on préfère ne pas dépasser le diamètre de $1^m,22$ (4 pieds). Les diamètres ordinaires sont $0^m,50$, $0^m,30$, $0^m,15$ et 0^m10. Toutes les conduites sont posées en terre, les égouts étant de trop petite section pour les contenir. Il y a eu des dégâts considérables par suite de quelques ruptures de tuyaux ; entre autres, sur la cinquième avenue en contre-bas de la fondation des maisons et jusqu'à $7^m,30$ au-dessous de la chaussée.

L'eau de la dérivation du Croton, au barrage comme dans les réservoirs de distribution, varie de température avec les saisons. En janvier, février et décembre 1869, elle est descendue à moins d'un degré et montée à 24° au mois d'août. Le désavantage de l'eau de rivière sur l'eau de source, à ce point de vue, n'a pu être naturellement modifié par le système de remblai général adopté sur l'aqueduc, dans lequel la température de l'eau ne varie presque pas de l'entrée à la sortie. Le séjour des eaux dans les réservoirs de la distribution rend encore ces variations plus considérables. La qualité de l'eau potable devrait cependant être une question plus importante qu'ailleurs, puisque tout le monde y boit de l'eau sans vin. Cependant le filtrage en grand n'est pratiqué dans aucune ville des Etats-Unis ; mais l'usage de la glace à rafraîchir y est très répandu. On assure, quoiqu'il en soit, que l'eau du Croton, non filtrée, est bonne à boire.

D'après M. Tracy, la quantité moyenne d'eau distribuée pendant l'année 1870 a été de 308,040 mètres par jour ; soit 327 litres par habitant, la population ayant été dans la même année de 942,292 habitants.

Le tarif d'abonnement annuel aux eaux de la ville, est réglé en raison de la longueur de la façade et du nombre d'étages des habitations ordinaires. Pour une maison ayant moins de 16 pieds (4^m, 88) de façade, le prix augmente d'un dollar par étage jusqu'à cinq étages ; soit, de 4 à 8 dollars (de 20 à 40 francs).

Pour les façades de 16 à 18 pieds, il varie de 5 à 9 dollars, et pour celles de 37 pieds 6 pouces à 50 pieds, de 14 à 18 dollars.

Au delà de 50 pieds de façade ($15^m,25$), l'abonnement se traite de gré à gré avec le commissaire des travaux publics.

Ces prix ne s'appliquent qu'à 15 personnes et s'il n'y a qu'un water-closet. Il y a augmentation de 2 dollars et demi par chaque dizaine de personnes en plus, et de 2 dollars par chaque water-closet. Il en résulte que les maisons ordinaires de $7^m,93$ de façade (26 pieds) habitées par moins de quinze personnes, à 4 étages, compris l'étage des combles et deux water-closets, payent 75 francs par an.

Pour une fontaine coulant trois heures par jour pendant quatre mois de l'année, on paye en raison du débit, savoir :

1/16 de pouce d'eau ou	0 litre 83	par minute	......	7 dollars.
1/8 —	1 — 66	—	......	15 —
1/4 —	3 — 33	—	......	40 —
1/2 —	6 — 66	—	......	90 —
1 pouce d'eau ou	13 — 32	—	......	200 —

Les boulangers payent 5 dollars par an par chaque sac de farine employé journellement, et les bouchers 5 cents par chaque bœuf abattu.

On paye 10 dollars par an pour une machine à vapeur jusqu'à dix chevaux,

7 dollars et demi pour chaque cheval en sus jusqu'à 15 chevaux et 5 dollars au delà de 15 chevaux.

Les grandes consommations industrielles sont taxées d'après la consommation journalière moyenne durant l'année de 300 jours. On paye par centaine de gallons (362 litres) savoir :

5 cents	pour une consommation inférieure à	200 gallons.	
4	—	de 200 à 300	—
3 1/2	—	de 300 à 1,000	—
3	—	de 1,000 à 2,000	—
2	—	de 2,000 à 10,000	—

Au delà de 10,000 gallons (36 mètres cubes), on traite à l'amiable, sans que le prix élémentaire puisse être inférieur à 1 cent.

Les navires à vapeur payent par abonnement 1/2 cent par tonne d'eau et 1 cent pour ceux non abonnés. Les navires à voiles payent 25 cents par 100 gallons.

Les recettes procurées à la ville de New-York par le service des eaux depuis le jour d'ouverture (5 octobre 1842) jusqu'au 31 décembre 1869 ont été de 86,080,201 fr.

Les recettes avaient été en 1843 de. . . . . 422,223 »

Elles ont été en 1869 de. . . . . 6,086,825 »

2° **Boston.** — L'ère des grandes distributions était inaugurée par la réussite de la dérivation du Croton. La ville de Boston entreprit bientôt un travail moins important du même genre, mais non moins intéressant au point de vue historique, étant exécuté entre celui de New-York et celui de Washington. La première brique de l'aqueduc du Cochituate fut posée le 19 octobre 1846, et l'on y introduisit l'eau le 12 octobre 1848.

M. Jervis, nommé ingénieur-conseil, était préoccupé déjà au Croton, en adoptant l'anneau en briques de ses tunnels en terre meuble, de ce qu'il y avait d'irrationnel dans la forme et d'excessif dans l'épaisseur adoptée jusqu'alors pour les pieds-droits de ces aqueducs. Il comprit que, pour être stable, un aqueduc enterré n'avait pas besoin de reposer sur une base carrée et que, par conséquent, un simple rouleau de briques devait satisfaire la solution la plus économique. De là, cette forme ovoïde des tunnels, des aqueducs et des égouts aujourd'hui généralisée.

L'aqueduc du Cochituate est construit en briques et ciment d'une épaisseur uniforme de $0^m,20$ avec chappe extérieure supérieure en ciment. Il a la forme d'un œuf dont le gros bout est en bas. La largeur intérieure est de $1^m,52$ et la hauteur de $1^m,93$. Un remblai de $1^m,22$ d'épaisseur et de $2^m,44$ de largeur, avec des talus extérieurs inclinés à 2 de base pour 1 de hauteur, recouvre l'ouvrage. Il ne repose plus, quand il est en remblai, sur le massif en pierres sèches du Croton, mais sur un massif de sable, de terre ou de gravier, et jusqu'ici les tassements et les fissures n'ont eu aucune importance.

Il n'y avait pas à créer un lac artificiel comme au Croton ; la superficie du lac de Cochituate, situé à 30 kilomètres de Boston, variait de 200 à 300 hectares, avec une profondeur maximum de 15 mètres ; il suffisait de relever les eaux de $2^m,44$ par un barrage.

L'aqueduc en maçonnerie, avec $0^m,05$ de pente par kilomètre et $1^m,12$ de hauteur d'eau, amène par vingt-quatre heures 37,860 mètres cubes. Il a un parcours de 24 kilomètres entre le barrage et le réservoir de réception établi à Brookline, et

comprend un siphon sur la rivière Charles (Charles-River), à l'embouchure de laquelle Boston est bâti.

La partie de l'aqueduc en tuyaux de fonte a 13 kilomètres de longueur entre le réservoir de Brookline et celui d'East-Boston.

Le siphon de Charles-River a 299 mètres de longueur. Il descend à 18 mètres dans la vallée, passe à $1^m,16$ en contre-bas des eaux et remonte sur un pont qui le conduit sur l'autre rive.

La distribution se complète par deux autres réservoirs à South-Boston et à Boston. La conduite franchit un bras de mer pour parvenir au premier et trois autres bras pour gagner le second, ainsi que celui d'East-Boston.

La conduite de South-Boston est posée dans un coffre en bois sur un remblai avec pieux et palplanches jusqu'à l'alignement du quai; elle traverse le chenal de 12 mètres de largeur par un siphon renversé en fonte de $0^m,50$ de diamètre, dont les deux branches ont $9^m,91$ de hauteur. La traversée des deux autres bras s'opère de la même manière.

Le dernier bras de mer entre Chelsea et l'île, où East-Boston est bâti, est traversé au moyen d'une conduite en fonte à joints flexibles, de 140 mètres de longueur, posée dans une tranchée draguée à $1^m,83$ de profondeur, et recouverte d'argile et de gravier qui, avec la double épaisseur donnée à la fonte, la protégent contre les ancres.

Les travaux de la distribution de Boston ont été exécutés en deux ans et ont coûté 27 millions de francs.

3° **Washington.** — Les travaux de la dérivation des eaux du Potomac, qui alimente Washington et Georgetown, ville située sur la rive opposée de la petite rivière Rock-Creek, ont été commencés le 8 novembre 1853 et souvent interrompus depuis faute de fonds. Ils ne sont pas encore entièrement achevés. L'aqueduc en maçonnerie de 21 kilomètres amenait au mois de décembre 1863 les eaux du Potomac, et précédemment déjà, une partie de l'aqueduc utilisait l'eau d'un petit affluent du fleuve. Ces ajournements et les interruptions du travail ont beaucoup augmenté la dépense prévue par le capitaine Meigs; elle est estimée aujourd'hui à 20 millions. Les travaux seront donc beaucoup moins chers que ceux de New-York et de Boston, eu égard au volume d'eau amené.

La section circulaire de l'aqueduc est de $2^m,75$ de diamètre intérieur et de $3^m,55$ de diamètre extérieur, l'enveloppe de $0^m,30$ d'épaisseur étant faite de trois rangs de briques superposés. La pente kilométrique, depuis le barrage de prise d'eau jusqu'au réservoir de distribution établi sur une colline à l'ouest de Georgetown, est de $0^m,143$. Le débit de l'aqueduc, avec une hauteur d'eau de $1^m,83$ au barrage actuel du Potomac pendant l'étiage, est de 190,000 mètres cubes par vingt-quatre heures. Le barrage part de la rive nord du Maryland sur une longueur oblique de 303 mètres. Il ne comprend qu'une partie du fleuve; mais on projette de le prolonger plus tard jusqu'à la rive virginienne. Alors l'aqueduc recevra les 300,000 mètres cubes qu'il peut débiter. Dans l'état actuel les conduites de distribution ne peuvent débiter que 45,000 mètres; c'est-à-dire, le quart de ce que l'aqueduc fournit maintenant. La population actuelle, de 120,583 habitants pour Washington et Georgetown, reçoit par conséquent 372 litres par habitant. Cependant on se plaint du gaspillage dans les quartiers bas au détriment des quartiers hauts et les ingénieurs réclament de nouvelles dispositions législatives pour y porter remède.

La prise d'eau a été créée en amont du rapide appelé « les Grandes-Chutes ». L'ingénieur avait projeté un barrage en enrochements avec talus de 1 pour 1 à l'amont et de 5 pour 1 en aval, rejeté depuis comme trop peu solide et trop peu étanche. Le barrage exécuté est formé d'une digue en pierre de taille à parements à peu près verticaux, épaulée en amont par un remblai recouvert d'enrochements. Des crampons retiennent la dalle de couronnement à l'assise inférieure. Commencé en août 1864 par M. Silas Seymour, ingénieur en chef de 1863 à 1865, il a été terminé en décembre 1867. Les grandes eaux du Potomac, le choc des glaces et des arbres n'ont causé jusqu'à présent aucune avarie.

Les quatre principales vallées, situées sur le parcours de la dérivation, sont franchies par des ponts en maçonnerie : ceux du « Parc de Griffeth » et de « Cabin John » sont importants. Le premier est en anse de panier très-surbaissée de 22^m,87 d'ouverture.

Le pont de Cabin John, accessible aux voitures, a été étudié et construit par M. Alfred L. Rives, ancien élève externe des ponts et chaussées, ingénieur ordinaire des travaux de l'aqueduc sous le général Meigs. Il est à une seule arche en arc de cercle de 67^m,10 d'ouverture et 11^m,36 de flèche. Tous les parements vus sont en granit; l'ornementation en est très-simple, et M. Malézieux, se reportant à un souvenir de vingt-quatre années, constate que ce pont produit un bien plus grand effet monumental que l'arche en briques du pont de Chester, qui a une ouverture presque égale (62 mètres).

Comme, à trois kilomètres en amont du réservoir de distribution, il fallait traverser un affluent du Potomac, on décida de barrer la vallée afin de faire un bassin de repos et d'épuration des eaux du Potomac, en même temps que le captage de cet affluent. Il devait économiser une certaine longueur de l'aqueduc et éviter la construction d'un pont sur le cours d'eau. Les eaux dérivées du Potomac passèrent ainsi de 1864 en août 1867; mais on reconnut qu'il était regrettable de ne pouvoir à volonté disposer des eaux du Potomac pendant la période où elles sont limpides. Dès lors on travailla de 1864 à 1867 à rétablir la continuité de l'aqueduc.

Le réservoir de distribution demeure inachevé depuis 1864. On s'en est servi, comme bassin de dépôt et de réserve, pendant quatre ans. Mais les digues se dégradant et menaçant d'être emportées, on en retira l'eau en 1868. Sa superficie est de 18 hectares. Il peut contenir 360,000 mètres cubes. Approfondi de 3^m,96, la digue intermédiaire relevée avec revêtements des talus intérieurs refaits en pierres brutes, ainsi qu'il est question de reprendre cet ouvrage, le réservoir contiendra alors 927,000 mètres cubes; c'est-à-dire, vingt fois le volume de la consommation actuelle.

Deux *conduites maîtresses* partent du réservoir de distribution. L'une, de 0^m,305, alimente Georgetown, et l'autre, de 0^m,76, Washington. Des machines refoulent, en outre, le volume d'eau nécessaire aux habitations des hauteurs de Georgetown, d'une part, et de l'autre, dans le *réservoir spécial du haut service* de 1,900 mètres cubes de capacité, qui, de là, distribue les eaux aux diverses collines, sur l'une desquelles, s'élève le Capitole.

Les cours d'eau de College-Branch et du Rock-Creek ont été franchis par deux lignes curvilignes de tuyaux en fonte à brides, posés bout à bout, comme des voussoirs en arc de cercle, reposant sur des culées en maçonnerie [1].

1. Nous avons proposé une semblable conduite en arc de 0^m,350 de diamètre pour franchir la Seine au pont de Melun. Le projet de distribution d'eau de cette ville, que nous

L'arc de College-Branch a 36^m,60 d'ouverture et 6^m,10 de flèche. Les deux conduites, composées de 12 tuyaux de 0^m,76, sont reliées ensemble par des croisillons qui s'attachent aux brides renforcées du tuyaux.

Les arcs de Rock-Creek ont 61 mètres d'ouverture et 6^m,10 de flèche. Formés par 17 tuyaux de 1^m,22 de diamètre ils supportent les tympans métalliques et le tablier d'un pont de 13^m,72 de largeur qui sert de communication entre les deux villes. Des omnibus à rails le parcourent, et depuis dix ans il n'y a eu d'autres travaux d'entretien que les réparations du plancher et le renouvellement de la peinture.

4° **Philadelphie.** — Dès 1793, Franklin était préoccupé des moyens d'alimentation de cette ville. A la suite d'une invasion de la fièvre jaune, il recommandait de chercher, ailleurs que dans les puits, l'eau nécessaire et d'amener, dans moins d'un siècle, les eaux du Wisserhickon dont le niveau, déjà assez élevé, pouvait être encore exhaussé par un barrage. Le conseil n'a pas été suivi. C'est à la science moderne, c'est aux machines élévatoires, dit M. Malézieux, que Philadelphie, Chicago, Montréal, ont demandé la solution du problème de leur alimentation.

La ville de Philadelphie, renfermant 550,663 habitants, est bâtie au nord du confluent et dans l'isthme qui sépare la rivière Delaware de la rivière Schuylkill, dont les eaux, surtout celles de la dernière, sont de bonne qualité. Avant 1819, on employa la vapeur pour force motrice.

En 1821 on construisit sur le Schuylkill un barrage et une usine hydraulique au pied des collines de Fairmount. Cette usine contenait huit roues de côté, en partie remplacées par des turbines. Elle est encore la plus importante des cinq autres usines qui concourent à l'approvisionnement des eaux. Un seule de ces usines à vapeur est établie sur la Delaware.

L'élévation des eaux a lieu par des pompes dans des réservoir *à ciel ouvert,* situés à des hauteurs comprises entre 30 et 73 mètres; leur capacité varie de 76,000 à 159,000 mètres cubes. Quatre sont juxtaposés au sommet de la colline qui domine le barrage sur le côté Est de la rivière; un cinquième est en construction du côté opposé, sur les hauteurs du parc immense qui embrasse les deux rives.

M. Malézieux a visité trois des usines avec l'ingénieur en chef du service, M. Frédéric Graff. Il rapporte les faits les plus remarquables qu'il a observés, l'année 1870 ayant été féconde en améliorations importantes.

Usine de Fairmount. — Le barrage est composé d'une levée insubmersible en terre de 137 mètres, suivie d'un long déversoir de 213 mètres construit en charpente et pierres, suivant un type fréquemment employé aux États Unis quand la chute a peu de hauteur[1]. On lui a donné une grande obliquité sans obtenir toutefois l'augmentation de débit qu'on espérait. Les débordements résultant de la présence du barrage, dans un cours d'eau déjà exposé à des crues de plusieurs mètres de hauteur, ont nécessité d'indemniser plusieurs riverains d'amont. On a dû consolider plusieurs fois ce travail. En 1864 on immerga des crèches garnies d'enrochements sans résultat satisfaisant. On se préoccupe actuellement d'une reconstruc-

avons étudié a été approuvé, le 20 mars 1859, par M. Dageot, ingénieur en chef du département. Le projet n'a pas été exécuté, faute d'un budget de 350,000 francs. La ville a concédé depuis l'exploitation des eaux à un entrepreneur, en admettant l'emploi d'une canalisation en tôle et bitume.

1. Chapitre III, Navigation intérieure, 2e section, Canaux, page 357.

tion générale, rendue difficile par certaines sujétions locales et par les ouvrages existants.

Suivant la hauteur des marées, la chute varie de 1m,83 à 3m,07. On a calculé les roues sur 2m,44 de chute. La chute d'eau est évaluée à 25 mètres cubes par seconde, soit 60,000 kilogrammètres ou 800 chevaux qui, bien utilisés, représentent 400 chevaux en eau montée. — L'eau étant élevée à 38m,12 par une conduite de 0m,91 de diamètre et de 73 mètres de longueur seulement, c'est un volume d'environ 800 litres par seconde, et 68,000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Des huit roues de côté établies à l'origine, trois avaient été remplacées en 1864 après vingt-quatre ans de service continu, toutefois arrêtées plusieurs heures par jour par la marée montante. Deux autres avaient été remplacées en 1851 par une turbine Jonval de 2m,75, et remplacée elle-même, en 1868, par une autre turbine de 3m,13 de diamètre (la plus grande du pays), mise en service en juin 1870. Une seconde turbine de même diamètre devait être montée en 1871 et ne laisser subsister, provisoirement encore, que deux des anciennes turbines. Les nouvelles ont été construites par M. Émile Geyelin de Philadelphie, Français et ancien élève de l'École centrale.

Le volume d'eau affecté à chaque turbine est de 4m,75 par seconde. On ferme à volonté le canal de fuite au moyen d'une porte à charnières inférieure, se rabattant vers l'aval, qu'on manœuvre par une chaîne. On peut ainsi épuiser le puits de chaque turbine, établi en contre-bas de la basse-mer, à l'aide d'un tuyau d'aspiration spécial et d'une pompe centrifuge mue par une petite turbine de 0m,18 de diamètre, actionnée par l'eau de la conduite de refoulement et du réservoir de Fairmount.

Chaque turbine mène deux pompes à double effet à cylindre horizontal de 0m,46 de diamètre et 1m,83 de course. Calculées à 12 coups, elles en donnent moyennement de 12 à 16 par minute. Chaque système de pompes comprend trois réservoirs d'air placés au-dessus des cylindres; le tuyau bifurqué de la conduite de refoulement part de chaque réservoir d'air central.

A la sortie du batiment des machines, la conduite de refoulement de 0m,91 de diamètre, et qui n'a que 73 mètres de longueur jusqu'au réservoir, franchit en l'air le bief de la prise d'eau à 2m,75 au-dessus du niveau ordinaire, sur une longueur de 23m,48, au moyen d'une suspension par deux chaînes articulées de cinq tirants chacune en fer méplat, placés latéralement à la conduite. Ces tirants portent trois semelles sur lesquelles repose la conduite et s'attachent par leurs extrémités à quatre fortes saillies venues de fonte sur les tuyaux extrêmes. La conduite se dirige ensuite directement au réservoir de Fairmount par une pente d'environ 45°. Son extrémité supérieure, près du fond du réservoir, est pourvue d'un clapet de retenue afin de parer aux cas de rupture de la conduite.

En visitant l'usine de Fairmount, dont la transformation des moteurs a conduit à reconstruire le bâtiment, M. Malézieux a remarqué le système de colonnes qui supportent la toiture. Ce sont ici des colonnettes creuses en tôle, de l'usine du Phœnix à Phœnixville, fréquemment employées en montants pour les poutres de pont à grandes mailles; la section transversale se compose de huit pièces : quatre segments d'un quart de circonférence terminés par deux saillies en retour suivant un rayon et quatre règles ou fourrures verticales placées entre deux saillies et assemblées avec elles par des rivets. L'épaisseur de la tôle varie de 10 à 20 millimètres, et suivant le diamètre de la colonne, on emploie 4 ou 6 segments. De plus, le bas de la colonne est relié par une embase en fonte.

L'usine de Schuylkill a trois machines à vapeur. L'une d'elles avait été renouvelée en novembre 1869. C'est une machine du système Cornouailles. M. Graff a modifié avantageusement la position du balancier qui, au lieu d'être en l'air, est dédoublé et descendu de chaque côté des cylindres, de telle sorte que les coussinets reposent directement sur la maçonnerie de fondation. L'installation en a été moins dispendieuse et les avantages paraissent évidents; toutefois, l'expérience n'a point encore prononcé.

Le cylindre à vapeur a 1m,83 de diamètre, celui de la pômpe 0m,91. La course est de 3m,05. Elle élève 35,000 mètres cubes par vingt-quatre heures. La conduite de refoulement est aussi de 0m,91, avec réservoir d'air au départ de la pompe. Les ingénieurs ont peu de confiance dans l'emploi de ce genre de régulateur; aussi ajoutent-ils ordinairement une colonne à air (stand-pipes) dans laquelle l'eau suit librement les oscillations de vitesse du plongeur. Ces colonnes, ordinairement de 0m,91 de diamètre sont enveloppées par une cheminée de maçonnerie. Celle de Fairmount est en fonte de 1m,22 de diamètre et 15m,25 de hauteur. Celle de Schuylkill s'élève à 42 mètres de hauteur près du bâtiment des machines.

La course ascendante du plongeur, pendant laquelle la colonne d'eau refoulée est abandonnée à elle-même, s'accomplit dans le même espace de temps qu'aux machines de Chaillot où les réservoirs d'air suffisent parfaitement. « Si, d'ailleurs, « ajoute M. Malézieux, on fait tant que de construire une tour, pourquoi ne pas s'en « tenir *aux châteaux d'eau* que l'on construisait naguère en France? En ajoutant « une cuvette supérieure et une conduite ascendante, on affranchirait au moins les « machines de tout désordre produit par les ruptures dans la conduite de refou- « lement. »

L'usine de Belmont a été inaugurée en septembre 1870. Placée sur la rive Ouest du Schuylkill, elle doit remplacer celle dite du 24e arrondissement et alimenter un nouveau réservoir sur la colline (George's Hil) qui desservira les 24e et 27e arrondissements.

L'architecture du bâtiment répond aux convenances du grand parc dans lequel il est élevé. Des encadrements de grès en opposition avec la brique font ressortir la forme assez heureuse des baies. La salle destinée à recevoir les machines a 22 mètres sur 17; celle des trois chaudières jumelles, complétement séparée des machines, a 30 mètres sur 16. La cheminée extérieure, en regard d'un pavillon surélevé pour les bureaux et magasins, s'élève à 30 mètres.

Au moment de la visite de M. Malézieux une des trois machines venait d'être installée. Voici ce qu'il en dit : « C'est une double pompe à vapeur de Worthington « ayant donné d'excellents résultats au service auxiliaire de l'usine de Schuylkill. « Trois cylindres sont disposés suivant un même axe horizontal et leurs pistons « calés sur une même tige rigide. L'un de ces cylindres est un corps de pompe de « 0m,53 de diamètre. Les deux autres, posés bout à bout, et séparés du premier « par un intervalle de 1m,50 environ, fonctionnent comme les deux cylindres ver- « ticaux de la machine à vapeur de Wolf; le plus grand a 1m,50 de diamètre et le « plus petit 0m,75. La course est de 1m,22. Deux systèmes pareils sont juxtaposés « sur un bâti en fonte. Sur chacune des deux tiges est articulée une bielle qui mène « les tiroirs de l'autre machine. Les nombreuses soupapes du corps de pompe, « placées les unes en dessus et les autres en dessous, se soulèvent verticalement; « elles sont formées de disques en fonte creuse, doublés de caoutchouc. Le piston

« plongeur est creux et presque flottant. — A raison de la manière dont le mou- « vement des deux pompes est coordonné, on n'a pas construit de *stand-pipe.* »

D'après M. Geyelin le système des pompes « Worthington Duplex Pumping Engine » de New-York, aurait été assez froidement accueilli en Angleterre. A l'exception des machines de Cornouailles, il est employé plus qu'aucun autre pour les distributions. Il en existe à Harrisbourg, à Greenwood, à Cambridge, Charlestown et à Salem ; ces machines élèvent chacune 18,925 mètres cubes par vingt-quatre heures. A Jersey-City, la machine refoule l'eau à $53^m,53$ d'élévation. Pendant les essais de réception, avec une vitesse de piston de $0^m,46$ par seconde, le volume d'eau élevé a été de 18,000 mètres. A une vitesse de $0^m,54$ par seconde le débit a atteint 20,000 mètres cubes.

Les avantages de ce système paraissent être : une moindre place occupée (celle de Belmont $9^m,15$ sur $3^m,15$); les cylindres solidaires; la fondation très-réduite; la stabilité, l'accès et l'entretien faciles par l'horizontalité de la machine ; le moindre poids mort des pièces en mouvement par l'absence du volant, et enfin le prix d'établissement sensiblement réduit. Toutefois, on n'est pas encore fixé sur la question capitale de la consommation de charbon. M. Graff n'est pas moins très-satisfait du service de ces machines qu'il place sans hésiter au-dessus des autres.

Les chaudières jumelles sont à tombeau. Les deux corps de chacune ont $1^m,37$ de diamètre et $9^m,15$ de longueur; les deux bouilleurs, situés au-dessous, ont $0^m,70$ et 6^m71. M. Graff estime que, tout en dépensant un peu plus de charbon, ces chaudières doivent être préférées, parce qu'elles sont d'un nettoyage et d'un entretien beaucoup moins dispendieux que les chaudières tubulaires et qu'elles exigent aussi moins du surveillance, avantage important pour un service continu de jour et de nuit.

Les eaux sont refoulées à 1,271 mètres de distance, par une conduite de $0^m,76$ de diamètre à une hauteur de $63^m,44$ au-dessus de la crête du barrage de Fairmount.

Le réservoir de George's Hill diffère peu des précédents. Les déblais sont utilisés autant que possible au remblai ; mais il y a beaucoup de rocher sans emploi. Il y aura un revêtement de $0^m,40$ en argile sur la majeure partie du fond. Il sera recouvert de briques, car on craint beaucoup les filtrations à travers des bancs disloqués à stratification presque verticale. Avec $8^m,23$ de profondeur d'eau, ce réservoir pourra contenir 162,755 mètres cubes.

Par les travaux des usines qui précèdent on a vu déjà que la ville de Philadelphie apportait en 1870 de grandes améliorations à la distribution ; elle s'occupait encore de trois autres établissements hydrauliques : de l'agrandissement de l'usine de Roxborough, la plus éloignée sur le Schuylkill au nord-ouest de la ville ; de la suppression de l'usine de Germantown dont l'eau d'un étang était devenue insuffisante à l'alimentation du quartier nord ; et enfin, de l'augmentation des appareils de l'usine de Delaware alors au-dessous des besoins toujours croissants.

La suppression de l'usine de Germantown a donné lieu à la réinstallation de deux conduites maîtresses, dont il est intéressant d'indiquer l'originalité.

Traversée du Wissahickon. — La première conduite traverse d'une colline à l'autre la vallée du Wissahickon, affluent du Schuylkill, pour amener les eaux du réservoir de Roxborough à Germantown. Comme on ne dispose, dans cette partie de la tra-

versée, que d'une très-faible pente, M. Graff, après la réussite de la conduite suspendue du bief de Fairmount, résolut de faire écouler les eaux dans deux files de conduites également supportées par des chaînes, ayant une plus grande flèche afin franchir une distance de 50m,55 entre les points d'appui.

Les tuyaux de ces conduites ont 0m,50 de diamètre et 3m,90 de longueur; ils sont à 4m,27 de distance d'axe en axe. Chacun d'eux est supporté presqu'à l'aplomb du joint par un montant rigide (système du Phœnix) de 0m,15 de diamètre, dont la hauteur va en croissant de la pile (1m,23) au centre de la travée (4m,88). Ces montants verticaux, au nombre de douze, viennent s'appuyer sur une chaîne articulée aux douze points de rencontre des montants. Elle s'attache elle-même par ses extrémités à de fortes saillies venues de fonte sur les deux derniers tuyaux. Cette chaîne est composée de quatre barres de fer de champ d'environ 3m,90 de longueur, ayant 0m,13 sur 0m,05. Des tirants et contre-tirants dans les panneaux formés par la conduite, la chaîne et les montants constituent une poutre de pont. Des traverses horizontales rigides à la tête et au pied de chaque montant, ainsi que des tringles en diagonale, donnent enfin à l'ensemble des conduites une solidité plus grande que celle nécessaire pour se porter elles-mêmes.

Ce pont-aqueduc, d'une excessive légèreté, a 208m,62 de longueur. Il est composé de quatre travées de 50m,55 d'ouverture séparées par trois piles de 2m,14 sur 4m,27, dont la hauteur est de 14m,64, 29m,73 et 23m,79. Les piles sont formées de quatre colonnes d'angle de 0m,21 de diamètre en tôle du Phœnix, reliées par des cadres horizontaux et par des croisillons verticaux reposant sur un socle de fondation en maçonnerie. Le couronnement se termine par une tablette sur laquelle les tuyaux extrêmes de deux travées consécutives viennent s'appuyer et où leur jonction s'opère au moyen d'un bout de tuyau intermédiaire à double presse-étoupe, la conduite pouvant ainsi librement se dilater et se contracter.

Traversée du Schuylkill. — La eaux du réservoir de Belmont, après avoir franchi la rivière du Schuylkill par la seconde conduite maîtresse, viennent alimenter les hauts quartiers de l'isthme, les 20e et 28e arrondissements.

On avait d'abord résolu de suspendre cette conduite comme la première; mais on se décida à l'immerger en adoptant des joints flexibles permettant aux tuyaux de s'adapter aux inégalités du sol naturel.

Ce système de tuyaux est de MM. F. Ward et Craven de Jersey-City. « Les joints « sont à emboîtement; la portion évasée du tuyau femelle est creusée en forme de « segment sphérique, et l'autre tuyau porte à son extrémité deux nervures saillantes « qu'une rainure sépare. Le plomb que l'on coule se fixe au bout mâle en se mou- « lant à l'extérieur suivant une surface lisse; c'est un genou qui permet à l'emboî- « tement de jouer[1]. On coule le plomb à bord du bateau ou du radeau qui porte

1. Ces joints paraissent être en tout semblables à ceux des tuyaux de M. Doré, connus en France depuis 1859 ou 1860. Il est regrettable de ne pas connaître l'état de la rotule et le mode de confection du joint américain, ainsi que le degré d'étanchéité et la nature des épreuves de ces conduites immergées. L'expérience nous a indiqué qu'on ne peut guère infléchir ce genre de tuyaux, même sous une charge d'eau de 10 à 20 mètres, sans que des fuites apparaissent aux joints, lorsque ceux-ci n'ont été que coulés au plomb et mattés sur la rotule *venue de fonte*, ou lorsque cette rotule n'a pas été tournée et rodée avec une précision suffisante.

« les tuyaux. » Si l'eau est peu profonde, l'immersion s'effectue, au fur et à mesure de l'assemblage des tuyaux, au moyen d'un châssis fixé à l'arrière du bateau ; dans le cas contraire, on descend la conduite à l'aide d'appareils plus compliqués.

Ici la conduite a 0m,91 de diamètre et 294 mètres de longueur. Elle est immergée à une profondeur maximum de 7m,62. On a creusé un chenal d'accès sur chaque rive.

D'autres conduites ont été posées en 1870, comme on l'a vu à la rivière de Harlem. Une autre de 0m,90 est établie à la rivière de Mackensack pour la distribution de Jersey-City. Il y en a aussi à Easton sur la Delaware, à Broocklyn sur la rivière de l'Est, à Oswego (État de New-York) et à Charlestown près de Boston.

La distribution de Philadelphie a été établie par l'administration municipale, développée et exploitée par elle depuis le 1er janvier 1801.

La quantité d'eau, exceptionnellement considérable, distribuée en 1870 a été en moyenne de 140,000 mètres cubes par jour. Elle a même atteint au mois de juillet une moyenne de 174,000 mètres ; le 20 juillet il a été distribué 208,175 mètres cubes. En prenant 174,000 mètres, c'est une moyenne consommation de 316 litres par habitant et par jour.

Les conduites ont un parcours total de 786 kilomètres.

Les dépenses d'entretien et d'amélioration de la distribution se sont élevées en 1870 à	5,570,000	francs.
Les recettes ont été de	4,677,000	
Les frais d'exploitation et ceux de simple entretien de	2,243,000	
Le bénéfice de l'année a été de	2,434,000	francs.

Le prix de revient de 1,000 mètres cubes d'eau élevés à un mètre de hauteur est variable pour chaque usine, ainsi qu'il suit :

Usine hydraulique de Fairmount		0f,063.
Usines à vapeur	Belmont (deux machines de Worthington)	0 ,382.
	Schuylkill (deux machines Cornouailles et une machine rotative à basse pression)	0 ,490.
	Roxborough (deux machines de Cornouailles)	0 ,571.
	Delaware (deux machines rotatives, l'une à haute, l'autre à basse pression)	0 ,895.
	Germantown (deux machines rotatives à haute pression)	1 ,183.

5° **Chicago.** — Fondée en 1833, Chicago ne possédait encore en 1840 que 4,500 habitants. Elle ne disposait que de puits, de citernes et de l'eau du lac Michigan amenée par voitures. Vint ensuite une Compagnie particulière, avec une simple conduite de prise d'eau de 213 mètres de longueur, partant d'un coffre échoué dans le lac, amenant l'eau dans un puits de 4m,75 de profondeur. Des pompes élevaient cette eau à l'extrémité de la rue du lac et quelques milles de tuyaux en bois de 0m,15, 0m,08 et principalement de 0m,05 complétaient la distribution, qui demeura dans ces conditions jusqu'en 1851.

Chicago ayant 35,000 habitants fut alors autorisée à établir elle-même la distribution des eaux. Deux pompes à vapeur furent établies en 1854 à l'extrémité de l'avenue de Chicago, ainsi qu'un réservoir de 2,000 mètres cubes avec 14 kilomètres

de conduites en fonte. On construisit une tour carrée de $4^m,27$ à la base et $3^m,35$ au sommet, intérieurement séparée en deux parties, l'une formant cheminée des machines, et l'autre contenant la colonne d'eau à air libre (stand-pipe). On fut obligé de redresser cette tour, qui s'était inclinée de $0^m,36$, ayant été trop légèrement fondée sur une couche de sable de $1^m,80$ d'épaisseur. L'orifice de la conduite de $0^m,30$, qui alimentait le puisard, était fréquemment obstrué par des branches d'arbres, des amas d'insectes ou de glaçons et par le sable amené par le courant littoral du lac. Pour y remédier, on construisit une digue creusée à la drague autour de la prise d'eau avec une passe pour y pénétrer en bateau. Une des deux machines, remplacée par une plus puissante en 1857, existe encore.

Pour répondre à la consommation journalière de 25,000 mètres cubes, il fallut en 1865 augmenter la force motrice dans une large proportion. Un nouveau puisard et une nouvelle machine furent établis au nord de l'usine. On résolut de porter en même temps la prise d'eau à 2 milles au large afin de l'affranchir définitivement des eaux d'égout et des obstructions de toute nature. C'est la construction de ce dernier puisard et de la galerie souterraine du lac qui a particulièrement attiré l'attention de M. Malézieux.

Le nouveau puisard consiste en une tour du poids de 500 tonnes, en briques et ciment de $9^m,60$ de diamètre intérieur, $11^m,28$ de diamètre extérieur, avec fruit de $0^m,076$ sur $7^m,62$ de hauteur, terminée en bas par un sabot coupant en fonte et au sommet par un couronnement en chêne de $0_m,14$ d'épaisseur, le tout relié ensemble à travers la maçonnerie par 32 boulons de 37 millimètres de diamètre, et maintenu extérieurement par des cercles de fer espacés verticalement de $0^m,90$. On devait descendre ce tambour à $6^m,10$ en contre-bas des eaux du lac. Pour éviter de compromettre la fondation de l'usine voisine, au lieu d'épuiser et d'enlever le sable à sec, on eut recours à l'emploi d'une drague à vapeur à chapelet incliné, installée au couronnement sur les deux rails d'une plate-forme mobile autour de son axe et pouvant se mouvoir d'une extrémité à l'autre d'un diamètre afin d'atteindre la surface du fond jusqu'à $1^m,83$ en contre-bas de la base de la tour. Le fonçage commença le 2 juillet 1866. On rencontra d'abord $1_m,20$ de sable sec. Le premier jour, la descente fut de $0^m,34$; le sixième jour le tambour atteignit l'eau. $3^m,37$ d'épaisseur restaient à traverser. La descente ne fut parfois que de $0^m,08$. A partir de l'argile bleue, et après épuisement de l'eau, on continua la fouille à sec qui fut terminée le 28 mars 1867.

La fondation de la machine au fond du puisard se compose d'un premier plancher en madriers de chêne de $0^m,08$ d'épaisseur, d'un lit de pièces de sapin de $0^m,25$ carrés avec intervalles de $0^m,38$ remplis de béton, et d'un second plancher de $0^m,08$, sur lequel sont élevés deux massifs de maçonnerie. Au pied de ces massifs débouche l'aqueduc circulaire en briques de $1^m,37$ de diamètre venant d'un regard en communication avec le lac. Une tour élégante de $46^m,97$ d'élévation est construite près de la nouvelle machine mise en activité le 30 juillet 1867. En août 1870 le service avait lieu avec une colonne d'eau n'ayant encore que 32 mètres de hauteur.

Tunnel du lac. — Pendant la même période de 1864 à 1867 on exécutait le tunnel de la nouvelle prise d'eau située à 3,220 mètres de distance de la rive du lac. Cette

galerie, à peu près horizontale, est creusée à 23 mètres de profondeur au-dessous de la surface de l'eau, et à 12 mètres en contre-bas du fond du lac. Deux puits verticaux terminent ses extrémités. Celui de prise d'eau au large permet de prendre l'eau au moyen de trois vannes de fond, de milieu et de surface. L'eau remonte au niveau du lac dans le second puits établi sur la rive. Une seconde galerie, située seulement à 6 mètres au-dessous de la surface, l'amène ensuite dans un vaste regard où elle se distribue dans des compartiments étanches, communiquant par des vannes à chacun des puisards des machines. On avait cru qu'il faudrait ouvrir deux ou trois puits intermédiaires pour l'exécution du tunnel, mais ceux des extrémités suffirent.

Le puits de la rive a 30 mètres environ de profondeur. Il est en briques et de $0^m,30$ d'épaisseur; son diamètre intérieur est de $2^m,44$. Craignant de rencontrer des obstacles à la descente d'un pareil tambour, à travers une couche d'argile compacte de 15 à 18 mètres, on installa une sous-fondation tubulaire de $9^m,15$ de hauteur, composée de trois cylindres en fonte superposés et boulonnés de $2^m,75$ de diamètre et 37 millimètres d'épaisseur; mais à laquelle il ne fut pas nécessaire d'appliquer l'écluse à air comprimé. On prolongea ce puits à $1^m,83$ en contre-bas du tunnel, de manière à extraire deux fois par jour, pendant l'exécution de la galerie, les eaux de filtration provenant d'une source.

Comme il est démontré qu'il est proportionnellement plus facile de construire un petit tunnel qu'un grand et qu'il avait été décidé que la galerie devrait répondre à l'alimentation d'un million d'habitants à 189 litres par jour, on adopta une section transversale circulaire de $1^m,60$ en hauteur et de $1^m,52$ en largeur; c'est-à-dire, de $0^m,08$ moins large pour faciliter le déplacement du cintre. La galerie a une pente générale de $0^m,35$ par kilomètre. Elle est construite en briques et ciment; son épaisseur est de $0^m,20$, composée de deux rangs. On établissait la partie inférieure au moyen de gabarits ordinairement en avance de $1^m,80$ sur la voûte supérieure et en retard de 5 à 6 mètres sur l'abattage. On décintrait un quart d'heure après la confection de la voûte supérieure qui s'opérait par fraction de $0^m,60$ de longueur. Le passage n'était réduit que de $0^m,11$, épaisseur du cintre, ayant $0^m,76$ de long, et fait en tôle renforcée par des nervures.

On a rencontré parfois dans l'argile bleue compacte, généralement traversée, des poches de sable remplies d'eau et des blocs isolés ne présentant pas de difficultés sérieuses d'extraction. Il a cependant fallu étrésillonner souvent. La plus grave difficulté résulta de la présence de gaz inflammables et explosifs. Il y eut quelques accidents. Les mineurs reconnaissaient, au son rendu par le terrain, l'approche des cavités remplies de gaz. On pratiquait, dans ce cas, un petit trou laissant échapper le gaz qu'on enflammait à sa sortie. Mais, parfois, le mélange avec l'air produisait des explosions instantanées. Les hommes se jetaient alors à terre et s'en tiraient avec quelques brûlures et des ampoules à la figure. Une seule fois, un mineur fut grièvement blessé. La présence du gaz empêcha pendant trois jours la reprise du travail.

La plus grande longueur de galerie achevée en une semaine, par deux équipes travaillant huit heures par jour, a été de 28 mètres. Un seul bloc rencontré exigea l'emploi de la mine. L'explosion n'apporta aucune perturbation au terrain et à la maçonnerie.

L'aérage avait lieu par un ventilateur et des tuyaux en fer-blanc mal étanches

aux joints; il arrivait souvent qu'aux évitements, pour le croisement des wagons, les mulets heurtaient ces tuyaux avec leur tête. L'air était encore très-respirable à 2,400 mètres du puits de rive. La fumée des lampes et la vapeur exhalée par les hommes incommodaient sérieusement; souvent on ne distinguait plus les lignes de repère de direction de la galerie.

On attaqua le tunnel par les deux puits : à celui du large, on avança jusqu'à 698 mètres, à raison de 2^m,85 par jour. Lorsque, par le côté du puits de rive, on en fut à 30 mètres, on arrêta la maçonnerie, afin de s'assurer, au moyen d'une petite galerie boisée, de la bonne direction des deux alignements. La jonction eut lieu le 30 novembre 1866. L'écart d'axe en axe n'était que de 0^m,19. Le 6 décembre, le conseil municipal de Chicago traversa le tunnel.

On n'introduisit l'eau dans la galerie inférieure seulement que le 8 mars 1867, et trois jours après, on laissa le niveau du lac s'établir dans les puits. Afin de vérifier s'il n'existait aucune mal-façon dans le tunnel, principalement aux endroits où des chambres de garage avaient été ménagées, on ferma les vannes et on épuisa en partie l'eau du tunnel, afin de le parcourir en bateau. M. Chesbrough et trois rédacteurs de la presse locale purent difficilement aller jusqu'à mi-chemin; au retour, le bateau chavira sans accident à 200 mètres du puits de rive.

Durant les travaux, on fit quelques observations sur la perception du son à travers l'argile et l'eau. Par exemple : le bruit d'un coup de marteau sur une pierre ou sur un morceau de fer enfoncé dans la terre glaise s'entendait très-distinctement alors que les galeries étaient à 250 mètres de distance. M. Chesbrough ne croyait pas que le son traversât les 250 mètres d'argile, mais il pensait plutôt que le son montait d'abord à travers 9 mètres d'argile pour passer par 250 mètres d'eau et redescendre par 9 mètres d'argile.

Le puits du lac, comme on l'a vu, avait d'abord été construit pour concourir à l'exécution du tunnel et devenir ensuite la tête de la prise d'eau. On échoua sur son emplacement un coffre en charpente rempli d'enrochements (*crib-work*) de forme pentagonale, avec vide au centre de même forme, ayant 17^m,90 de long sur les côtés extérieurs, 6^m,70 sur ceux intérieurs et 7^m,62 d'épaisseur. La profondeur d'eau étant de 10^m,67 à cet endroit, on donna à ce *crib* 12^m,20 de hauteur; les murailles d'enceinte après calfatage des joints devinrent parfaitement étanches. Trois orifices rectangulaires de 1^m,22 sur 1^m,52 avec vanne à trois hauteurs différentes ont été ménagés dans l'épaisseur de ces murailles. C'est à l'intérieur de l'enceinte du *crib*, et sur l'un des côtés, que le puits d'accès au tunnel a été fondé. La paroi du puits se compose de sept cylindres en fonte de 2^m,75 de diamètre, semblables à ceux de la fondation du puits de rive, d'une longueur totale de 19^m,25. On rendit d'abord flottants, à 9^m,75 de profondeur, les cinq premiers cylindres assemblés par des boulons et bouchés par un faux-fond étanche. Au moment de l'échouage, cette colonne s'enfonça par son propre poids de près d'un mètre dans le fond d'argile. L'eau introduite provoqua un nouvel enfoncement. On ajouta ensuite le sixième cylindre, on enleva le faux-fond, afin de déblayer à l'intérieur, et on mit en place le dernier cylindre. La colonne s'enfonça alors de 7 mètres en contre-bas du fond du lac par l'addition d'une légère surcharge. La descente s'acheva sans recourir à l'emploi de pompes. Deux vannes établies vers le sommet du puits complètent les moyens de prise d'eau.

Sur le *crib* même et au-dessus du puits, s'élève une construction destinée au

logement du gardien et aux engins de service. Elle est surmontée d'un petit phare et d'une cloche qu'on sonne en temps de brouillard.

L'ensemble des travaux s'est élevé à environ 2,300,000 francs. Un semblable tunnel de 2,013 mètres s'exécutait, en 1870, à Cleveland pour la prise d'eau dans le lac Érié, destinée à l'alimentation de la ville. Le premier puits aura $23^m,97$ de profondeur. La dépense est évaluée à un million.

La nouvelle prise d'eau de Chicago est en service depuis le 25 mars 1867. Elle n'a subi que trois interruptions de quelques heures par encombrement de la glace.

Les trois machines à vapeur *à pilon*, en fonction au mois d'août 1870, élevaient 95,000 mètres cubes par jour. Il en existait une quatrième. Le bâtiment contient l'emplacement de deux autres.

6° **Montréal** est alimenté par l'eau du Saint-Laurent au moyen de trois roues hydrauliques de $6^m,10$ de diamètre, et $6^m,10$ de largeur. Ces roues conduisent des pompes à plongeur. Elles sont mues par une chute d'eau de $6^m,70$, dont la prise est faite en amont des rapides de la Chine. La longueur de la rigole à ciel découvert est de 8 kilomètres. L'eau est refoulée à 51 mètres d'élévation dans un réservoir qui occupe le sommet du Mont-Royal. Le volume d'eau élevé est de 13,600 mètres cubes par vingt-quatre heures. L'alimentation de la ville nécessite le concours d'une usine à vapeur ; 13,898 maisons reçoivent les eaux. Le public dispose de 550 bornes-fontaines. La moyenne de la consommation journalière en 1869 a été de 21,000 mètres cubes. On comptait alors 90,323 habitants.

7° **Diverses villes des États-Unis.** — Le tableau suivant contient certains renseignements sur la distribution de diverses villes. Ils ont été en partie puisés dans un rapport de M. Silas Seymour sur l'aqueduc du Potomac. Ils peuvent offrir quelque intérêt comme termes de comparaison :

Nos D'ORDRE.	VILLES.	POPULATION en 1860.	DÉPENSES d'établissement faites jusqu'en 1863.	Développement des conduites de distribution.	VOLUME D'EAU JOURNELLEMENT — DISTRIBUÉ en 1859.		DISPONIBLE en 1863.	Consommation par jour et par habitant	Prix de revient par mètre cube distribué journellement.	RECETTES en 1859.	en 1861.
					en 1859.	en 1861.					
		habitants.	francs.	kil.	mètres cubes.	mètres cubes.	mètres cubes.	litres.	francs.	francs.	francs.
	I. — Villes alimentées par des aqueducs de dérivation.										
1	Albany	62.368	4 609.460	74 8	»	11.355	45.420	182	415	»	»
2	Baltimore	212.419	17.516.775	218.8	»	30.280	69.785	143	580	»	901.855
3	Boston	177.481	27.500.000	211.2	»	68.815	75.700	390	400	»	1.735.690
4	Mobile	29.259	1.500.000	»	946	»	»	32	1.590	167.500	»
5	New-York	814.287	70.000.000	451.0	»	162.755	»	200	430	»	3.796.250
6	Troy	39.285	1.580.000	»	5 556	»	»	142	285	118.850	»
	II. — Villes alimentées par des roues hydrauliques.										
1	Richemont	37.910	3.270.000	»	7.570	»	»	205	434	»	160.000
	III. — Villes alimentées par des machines à vapeur.										
1	Buffalo	81.131	2.650.000	»	11.355	»	»	139	235	250.000	»
2	Broocklyn	266.664	26.500.000	220.0	»	16.824	124.900	63	1.580	»	1.308.395
3	Chicago	109.263	5.000.000	153.4	»	18.324	»	168	274	»	655.125
4	Cincinnati	161.044	6.795.000	136.8	»	18.576	»	114	370	»	792.485
5	Cleveland	36.054	2.630.000	39.3	»	3.337	»	92	760	»	86.875
6	Détroit	45.619	3.415.000	»	8 107	»	»	178	562	243.895	»
7	Hartford	29.152	2.135.000	»	2.971	»	5.677	102	720	130.000	»
8	Jersey-City	29.226	4.250.000	»	7.570	»	22.710	258	563	346.225	»
9	Louisville	69.740	4.087.285	41.7	»	2.425	15.140	84	1.680	»	62.225
10	Nouvelle-Orléans	168 823	7.000.000	»	22.710	»	»	108	810	700.000	»
11	Pittsburg	100.000	4.500.000	»	15.424	»	»	154	292	345.000	»
12	Saint-Louis	151.780	9.400.000	»	30.280	»	»	200	810	»	»
	IV. — Villes alimentées à la fois par des roues hydrauliques et par des machines à vapeur.										
1	Philadelphie	568.034	15.000.000	542.2	»	78.459	119.492	189	192	»	266.990

M. Malézieux renvoie fréquemment *aux documents annexes* de son ouvrage[1]. L'atlas qui l'accompagne contient les principaux détails des travaux qui viennent d'être passés en revue. Dans ses *conclusions sur les distributions*, M. Malézieux signale : l'intérêt offert par les grands aqueducs de New-York, de Boston et Washington qui n'ont pas pour nous le même prestige que pour les Américains, si on les compare à l'aqueduc de la Dhuys, à l'œuvre nouvelle de la Vanne et aux imposants réservoirs couverts à double étage de Paris; mais l'histoire n'oubliera pas *la transformation du profil transversal* inaugurée aux aqueducs de Boston et de Washington; *le siphon de Manhattan* avec sa flèche de 32 mètres; *le réservoir de la Cinquième avenue;* — l'idée hardie du général Meigs de *l'aqueduc-pont* de la grande rue de Washington à Georgetown sur le Rock-Creek; — l'idée de M. Graff, les files de *tuyaux en ligne droite* suspendues sur des chaînes articulées s'arc-boutant sur eux-mêmes, application nouvelle du principe des ponts métalliques modernes des États-Unis. — *La conduite de Fairmount*, — *la double conduite du Wissahickon* à quatre travées de 51 mètres d'ouverture, suspendue à 30 mètres de hauteur, type à imiter, quand le manque de charge se refuse à l'emploi du siphon, comme aussi pour franchir les terrains rebelles aux fondations. — *Pour les machines élévatoires :* — la porte à rabattement facilitant la mise à sec des turbines; — l'abaissement du balancier des grandes machines de Cornouailles; — les pompes à vapeur de Worthington. *Pour les travaux hydrauliques :* — le fonçage des grands tambours et des puits de prise d'eau; — le tunnel de Chicago; faits caractéristiques de l'aisance moderne d'exécution de ces travaux et de leurs nombreuses et importantes applications.— Enfin, les conduites à joints flexibles pour le cas où aucune autre solution plus certaine n'est offerte, comme sur le Schuylkill à Philadelphie.

Conclusions du compte rendu. — Tels sont, en résumé, les descriptions précises de ces vastes travaux de fondations hydrauliques, auxquels nous sommes peu familiarisés[2], et les détails nouveaux sur ceux de la distribution des eaux dans l'Amérique du Nord.

Les vues et les déductions élevées, qui ressortent du rapport de mission, font de l'ouvrage de M. Malézieux une œuvre pratique essentiellement utile à consulter. L'étude approfondie d'aussi remarquables travaux ne peut que développer l'esprit d'initiative de notre génie civil, et le conduire plus rapidement encore aux grandes conceptions et aux grandes solutions d'intérêt national.

1. Ces documents sont déposés à l'École des ponts et chaussées.
2. M. Malézieux a publié depuis ce compte rendu un mémoire sur les fondations à l'air comprimé (édition Dunod, 1874), qui, en outre de la comparaison des divers systèmes employés jusqu'à présent, rapporte les phases de toute nature qui sont produites depuis 1870 pendant l'exécution des fondations des piles de Broockline et de New-York jusqu'à leur achèvement. Un résumé de ce mémoire ne pouvant trouver sa place ici, nous signalons du moins l'intérêt qu'il présente et la nécessité de le consulter pour l'étude de travaux de fondations à de grandes profondeurs.

ANALYSE
DU RAPPORT DE MISSION DE M. MALÉZIEUX
Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

SUR LES

TRAVAUX PUBLICS AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

PARTIE RELATIVE

AUX

CHEMINS DE FER

PAR M. JULES MORANDIERE.

CHAPITRE II

1re SECTION. — **Renseignements généraux.**

§ 1. *Coup d'œil général sur les chemins de fer des États-Unis.*

Une longueur de 76,000 kilomètres était ouverte à l'exploitation au 1er janvier 1870, c'est-à-dire, pour une population de 38,000,000 d'habitants, 500 habitants par kilomètre, soit 2 ou 3 fois moins qu'en Angleterre, et 4 à 5 fois moins qu'en France.

Les compagnies sont en très-grand nombre, 918 d'après un manuel américain. Dix seulement ont un réseau de plus de mille kilomètres ; une seule, celle de Pensylvanie, compte plus de deux mille kilomètres.

La dépense moyenne d'établissement peut être estimée à 130,000 francs par kilomètre, et la dépense totale s'élève à environ 10 millions de francs.

Très-peu de lignes donnent un dividende. Néanmoins les lignes nouvelles trouvent toujours des actionnaires parmi les personnes intéressées au développement industriel et commercial des contrées traversées.

§ 2. *Construction.* — I. VOIE.

Les *courbes*, même sur les lignes principales, sont quelquefois d'un rayon très-faible, 120 à 150 mètres aux abords des gares et des villes ; mais à moins de difficultés spéciales, ce rayon ne descend pas au-dessous de 300 mètres. Les *pentes*[1] ne dépassent pas généralement 11 millimètres par mètre, mais des pentes de 22 et même 24 millimètres se rencontrent sur quelques lignes. Le passage provisoire des Alleghanys s'est fait avec des pentes de 55 millimètres.

En laissant de côté la ligne dite du *Pacifique,* dont il sera parlé plus tard, les

1. En Amérique la valeur des courbes se désigne par l'angle au centre correspondant à une portion de courbe de 100 pieds de longueur, et celle des inclinaisons par le nombre de pieds par mille (1 mille = 5280 pieds), dont le chemin monte ou descend.

grandes tranchées sont rares en Amérique, et les *grands remblais* sont le plus souvent remplacés par des *estacades en charpente*.

Les dispositions pour l'asséchement (*fossés*, *buses*, etc.), ne sont prises que lorsque cela est rigoureusement nécessaire; il y a peu de *balast* sur les lignes de l'Est, il n'y en a pour ainsi dire pas dans les grandes plaines de l'Ouest. On se borne à recouvrir de pierrailles, de sable ou de terre la portion des traverses qui est entre les rails.

Les *clôtures* sont partout absentes, sauf de rares exceptions, et aucun accident ne s'ensuit grâce à la puissante armature de fer connue sous le nom de *cow-catcher* (saisisseur de vaches), placée comme un éperon à l'avant de la locomotive, et destinée à balayer la voie. Cette absence de clôture se remarque également dans les rues populeuses des villes où le train pénètre, locomotive en tête, en signalant son arrivée par le tintement continu de *la cloche* de la locomotive. Il paraît toutefois que les accidents sont nombreux.

Presque toutes les traversées de routes se font au moyen de *passages à niveau*, à l'aide de madriers en sapin cloués sur les traverses. Point de *barrières mobiles*, mais un simple écriteau avertissant de *prendre garde*. Les *tunnels* sont très-rares, les grands ouvrages d'art sont les *ponts* pour lesquels nous renvoyons au chapitre spécial.

La largeur de voie des chemins de fer des État-Unis ou du Canada est très-variée : $1^m,436$, — $1,^m449$, — $1^m,461$, — $1^m,474$, — $1^m,525$, — $1^m,678$, — $1^m,83$. La largeur de $1^m,436$ entre les rails correspondante aux voies ordinaires d'Europe est de beaucoup la plus répandue. Des wagons avec bandage élargi circulent indifféremment sur les lignes à voie de $1^m,436$ ou de $1^m,449$. Deux grandes lignes du Canada, à la largeur de $1^m,68$, ont un troisième rail pour admettre les wagons à la voie de $1^m,44$[1]. — D'autres essais ont été faits avec des roues dont le calage peut varier à volonté sur les essieux, et il a été fait des véhicules pour circuler successivement sur des voies de $1^m,83$, $1^m,474$, $1^m,461$ $1^m,436$, et inversement au retour.

Toutes les voies vues par M. Malézieux sont posées sur *traverses*, plus fortes et plus rapprochées qu'en France, en chêne, en cèdre, en *hanlock spruce* (sorte de sapin), en *redwood* (sapin ou bois rouge) dans la Californie. Depuis plus de trente ans des essais de conservation par injection ont été faits dans les États-Unis : la créosote est la substance qui a donné les meilleurs résultats.

Les *rails* généralement employés sont ceux dits Américains, à *patin* ou encore *Vignoles*, du nom de leur importateur en Angleterre. Voici les dimensions du rail du Philadelphia-Reading Rail-Road.

	Voies principales.	Voies secondaires.
Hauteur.	0,115	0,103
Largeur du champignon.	0,063	0,058
Largeur à la tige.	0,017	0,017
Largeur du patin	0,103	0,100
Poids.	32 kilog,	»

Plusieurs lignes importantes remplacent les rails en fer par des rails en acier.

Les usines du pays fournissent environ 7 à 800,000 tonnes de rails en fer ou en acier, une quantité presque égale est demandée à l'importation.

Le général B. Stuart, chargé d'indiquer les *éléments d'un chemin de fer de premier ordre*, de 676 kilomètres de longueur, de New-York à Buffalo, résumait ainsi son

1. Nous croyons savoir qu'une de ces lignes est en train d'adopter la largeur de $1^m.44$ seulement.

programme technique. Deux voies de $1^m,44$, — tranchées et remblais de $7^m,32$ de largeur au niveau des rails, — ponts en fer travaillant au sixième de la charge de rupture, et pouvant supporter des locomotives du poids de 30 tonnes à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure; — balast en pierres cassées ou gravier de $0^m,30$ sous la traverse; — traverses de chêne blanc de $0^m,20$ sur $0^m,15$ et $2^m,44$ de longueur, dont l'espacement d'axe en axe n'excède pas 0m,60; — drainage complet; — rails de 30 kilogrammes en acier, avec éclisse; — voies de garages et aiguilles aux stations; — rampes maxima 4 millimètres dans la direction des plus lourds transports (vers l'est), et 6 millimètres dans la direction de l'ouest. Coût estimé, 200,000 francs par kilomètre, non compris le matériel roulant ni les terrains.

Le *changement de voie* le plus usité est le type à rail mobile, que nous connaissons sous le nom de changement d'entrepreneur. Un signal très-apparent indique quelle est la voie ouverte. Les changements employés en France ont été essayés sur quelques lignes, ainsi qu'un *appareil Wharton*, tout récent, et dont on espérait beaucoup d'avenir. Il est représenté sur la planche 25 de l'atlas de M. Malézieux, et son principe consiste à faire passer le train dévié par-dessus le rail de la voie principale, sans entamer ce dernier. Pour obtenir cet effet, les rails mobiles de la voie déviée présentent une inclinaison notable, qui permet de racheter en moins de un mètre la hauteur du boudin, soit 4 centimètres. A partir de ce moment l'action du rail mobile intérieur repousse les véhicules sur la voie déviée. Le mouvement que fait l'aiguille pour la déviation, amène un contre-rail mobile contre le rail de la voie principale, de telle sorte que si l'aiguilleur avait oublié de remettre l'aiguille dans la position convenable, le boudin du premier véhicule venant de la voie principale vers le tronc commun, écarterait ce contre-rail, et en même temps les aiguilles intérieures, de manière à écarter toute chance de déraillement.

« *Les gares et stations* n'ont ni cour de départ, ni cour d'arrivée. Même pour les gares de tête, le bâtiment des voyageurs a généralement l'aspect d'une maison ordinaire, placée à l'alignement de la rue [1], sans aucune décoration architecturale. Sauf une petite chambre réservée aux dames, il n'y a pas d'autre salle d'attente qu'un vestibule de dimensions assez restreintes, pourvu de bancs et communiquant avec une buvette (bar-room). Le bureau de distribution des billets a un guichet ouvert sur le vestibule, et un autre sur le salon des dames. Un petit local contenant le télégraphe électrique sert de bureau au chef de gare.

« Les *petites stations* ne sont guère plus compliquées que les bureaux-stations des omnibus dans Paris, et leur personnel n'est guère plus considérable. »

Dans la *télégraphie électrique* des chemins de fer, l'appareil *Morse*, adopté dès 1844, paraît être universellement employé.

Les *réservoirs à eau* sont ordinairement en bois, quelquefois en tôle, l'eau étant élevée avec des moteurs à vapeur. Sur le Pacifique R. se trouvent pour cet usage beaucoup de moulins à vent, et M. *Malézieux* a vu employer en Virginie une petite machine à air chaud du système Éricson.

II. — Matériel roulant.

A. *Quelques mots sur les locomotives.* — L'Exposition universelle de 1867 comprenait une locomotive américaine, et tout le monde sait maintenant qu'indépen-

1. C'est ce qui existe à la gare Saint-Lazare, à Paris, pour le départ des lignes de Normandie, et aussi pour quelques gares de la banlieue.

damment de l'armature *cow-catcher*, quatre traits principaux les distinguent des nôtres : le truck articulé (ou *bogie*) à l'avant, le châssis fait en fer forgé au lieu d'être en tôle découpée, la cabine du mécanicien formant un abri complet, et permettant à ce dernier de fournir un service prolongé, et enfin la cheminée garnie d'une large enveloppe conique dans laquelle tombent les escarbilles du combustible végétal ainsi que les flammèches retenues par un grillage en fil de fer tendu au sommet.

Nous avons eu déjà occasion de mentionner la cloche dont les locomotives sont munies, et dont on se sert en place du sifflet, dans les villes et les gares.

Le *frein à contre-vapeur* avait été essayé avec succès, en 1870, sur deux locomotives du chemin de Philadelphie à Reading.

B. *Caisses des wagons à voyageurs.* — Elles sont très-longues, à couloir intérieur, avec accès au moyen de perrons extrêmes; les portes latérales étant supprimées, la largeur a été augmentée. Ces caisses reposent à chaque extrémité sur un truck à quatre roues, mobile autour d'une cheville ouvrière de manière à faciliter le passage de ces immenses véhicules dans les courbes de petit rayon.

« Il n'y a généralement qu'une classe de voyageurs aux États-Unis. Sur certaines lignes où l'on avait établi deux classes, il ne se trouva personne pour prendre la seconde. Cependant, quoique les distinctions sociales ne soient pas là-bas ce qu'elles sont chez nous, et que le sentiment de l'égalité en toutes choses y soit bien plus développé, on y tient plus ou moins au confort, et tout le monde n'a pas au même degré la faculté de le payer; les longs voyages ont d'ailleurs créé des besoins nouveaux, et les voyages de nuit se sont imposés à la répugnance primitive des Américains : on a été ainsi conduit à établir sur presque toutes les lignes des wagons spéciaux ou wagons de luxe dans lesquels on prend place en payant un supplément, et qui sont, au fond, des wagons de première classe. »

Les *wagons ordinaires* ont 2m,90 de largeur, et environ 15 mètres de longueur y compris les deux perrons de 0m,75 chacun. La hauteur de 2m,30 à 2m,40 présente dans le milieu et sur une largeur de 1 mètre à 1m,20 un surhaussement de 0m,60 à 0m,80.

Les *marche des escaliers d'accès* sont au nombre de trois, la plus basse étant à 0m,50 du rail. Cette hauteur est un peu grande pour descendre commodément en pleine voie ou dans certaines petites gares, mais en général il y a un trottoir en bois établi au niveau même de la marche inférieure. Le *palier* qui continue les marches est fermé du côté extérieur par une balustrade interrompue dans son milieu, afin de permettre le passage de voiture à voiture. Le passage et même le stationnement sur la plate-forme sont interdits en principe. Ces paliers permettent dans les gares un accès très-commode des voitures, et ils permettent aussi, lorsque deux trains stationnent côte à côte de faire passer les voyageurs du trottoir au second train directement, en montant et descendant les plate-formes du train interposé, sans faire un long circuit.

Les *portes* des wagons ont 0m,70 sur 2 mètres. Le panneau supérieur est vitré.

Le *couloir central* a 0m,60 à 0m,70 de largeur.

Les *siéges* son formés par 14 banquettes de côté, de 0m,97 de longueur, espacées de 0m90 d'axe en axe et contenant deux voyageurs. Les dossiers ne s'élèvent qu'à 0m,85 et n'empêchent pas la vue de s'étendre dans toute la longueur du wagon : ils pivotent sur un axe placé vers le milieu de la largeur de la banquette, et peuvent se placer soit en arrière soit en avant. De cette façon les voyageurs peuvent à vo-

lonté se placer tous dans le sens de la marche, ou se grouper par quatre[1]. Mais ces avantages sont contrebalancés pendant les longs trajets par l'impossibilité absolue d'appuyer la tête.

A chaque banquette correspond une fenêtre munie d'une glace, d'une persienne et quelquefois d'une toile métallique à mailles très-fines. Ces divers obturateurs s'effacent plus ou moins facilement en remontant, comme les *croisées dites à guillotine*; ils laissent le bas libre pour loger une poutre armée tenant lieu de longeron, et reposant sur deux appuis distants de 9 à 10 mètres.

La *ventilation* du wagon est en outre assurée par des fenêtres de 0,20 sur 0,50, placées dans le surhaussement du toit, et tournant le plus souvent autour d'un axe vertical. Elles sont entrebâillées, suivant le sens de la marche du train, de manière que le déplacement même du véhicule relativement à l'air extérieur crée un entraînement et par suite un renouvellement de l'air intérieur du wagon.

M. Malézieux signale un mode de ventilation mécanique usité sur le *Michigan central*, où un ventilateur, mû par les roues de la voiture, insuffle de l'air préalablement dépouillé de toute poussière par son passage dans une boîte à compartiments, en présence de nappes et de filets d'eau agités.

Le *chauffage* se fait généralement au moyen de deux poêles à houille placés aux deux extrémités. Des essais ont été faits pour l'introduction d'un système de circulation d'eau chaude dans les wagons de luxe.

L'*éclairage* laisse le plus souvent beaucoup à désirer : trois ou quatre globes fixés au-dessous du surhaussement, et munis de lampes ou de bougies, ne jettent dans ces grande salles de 12 à 15 mètres de longueur qu'une clarté douteuse.

Quelques wagons sont éclairés au gaz comprimé. Chaque caisse est pourvue d'un *cabinet d'aisances*, bien tenu, occupant en général $1^m,30$ sur $0^m,85$. Les matières tombent directement sur la voie, ce qui est sans inconvénient, sauf dans les gares.

Une *fontaine d'eau glacée* et un verre sont placés à l'entrée de chaque voiture.

Une *communication entre les voyageurs et le mécanicien* est établie au moyen d'un cordeau aboutissant à un timbre placé sur la machine. Mais la meilleure communication est celle qui existe de fait par les paliers.

« Dans chaque train circule un *marchant ambulant* qui offre au public des livres, « des journaux, des fruits, des cigares. On fume très-peu sur les chemins de fer des « États-Unis. *On ne fume que sur les paliers extérieurs, ou dans un wagon* (assez « souvent malpropre) placé en tête du train, ou enfin dans quelque petit compartiment réservé de certains wagons de luxe[2]. »

1. Dans les voitures françaises le vide d'un compartiment est commun à deux banquettes, tandis qu'en Amérique, il faut autant de vides que de banquettes, par suite augmentation du poids mort. J. M.

2. Les wagons américains ont souvent faits l'objet de communications à la Société des ingénieurs civils.

En Europe, ces wagons ont été essayés en Wurtemberg, en Autriche et en Suisse. Les inconvénients qu'ils présentaient ont été atténués par diverses améliorations, et l'une des principales a été la diminution de longueur du wagon, permettant de le mettre sur quatre roues seulement. L'usage des perrons et du couloir a été trouvé tellement avantageux que ces dispositions ont été conservées, même au prix d'un léger surcroît de poids mort. En France, ces voitures ont été adoptées par la Compagnie des Dombes et du Sud-Est, la Compagnie des Vosges, la Compagnie P.-L.-M. pour l'Algérie, et en partie pour les Compagnies de Lille à Valenciennes, d'Orléans à Rouen, etc.

Elles nous paraissent éminemment utiles *pour les chemins à exploitation économique*. J. M.

Wagons spéciaux. — Un *wagon-salon* du chemin de fer de Baltimore à Philadelphie comprenait, vers le centre, une salle commune, munie de 6 fauteils pivotant autour d'un axe fixe, et *neuf compartiments clos* par des portes à coulisses, donnant sur un couloir. Six de ces compartiments situés de chaque côté d'un couloir central sont pour quatre personnes; les trois autres sont à deux banquettes de trois places chacune, le couloir étant rejeté rur le côté. Il est donc possible de se grouper par quatre ou six personnes. Un véhicule analogue a été remarqué sur le chemin de fer de l'Hudson-River, le salon était éclairé au moyen d'un lustre au gaz.

De Saint-Louis à Cincinnati, le wagon dans lequel se trouvait M. Malézieux présentait deux compartiments à divans de six places chacun, isolés et séparant trois salons à fauteuils fixes. Le salon de l'une des extrémités comprenait treize siéges et un guéridon au milieu. Les deux autres étaient plus petits, et l'un d'eux était, par une faveur insusitée, affecté aux fumeurs.

Un *wagon-restaurant* Pullman, vu sur le Chicago-North-Western R., se composait d'une série de banquettes se regardant deux à deux, et entre lesquelle venait se poser une table étroite : à l'une des extrémités du wagon se trouve le comptoir, et derrière celui-ci, la cuisine. Le wagon restaurant n'est attelé au train que pour l'heure des repas.

Les *sleeping-cars*, ou *wagons-dortoirs*, sont complétement entrés dans la pratique des voyages. Le jour ils présentent à peu près l'aspect d'un wagon ordinaire, à banquettes se regardant deux à deux. Le soir les banquettes se convertissent en couchettes superposées. Certains wagons présentent aussi en dehors de la salle commune des compartiments clos. Le sommier de la couchette inférieure est formé des coussins des siéges et des dossiers des deux banquettes, et donne un lit de $1^m,80$ sur $0^m,90$ de largeur : on y pose un matelas avec une couverture, des draps et deux oreillers. La couchette supérieure, formée d'un cadre en menuiserie est relevée pendant le jour contre le plafond, et dans une position légèrement inclinée; elle laisse entre elle et le plafond un vide suffisant pour y loger le matelas, la literie, etc. Les wagons les plus perfectionnés se trouvent sur la ligne d'Ogden à San Francisco, où ils sont appelés *silver palace cars*, palais d'argent.

Pour isoler les couchettes du couloir on laisse tomber un rideau d'étoffe derrière lequel le voyageur se déshabille assis sur le bord de la couchette, opération peu commode dans certains wagons où la hauteur ménagée est insuffisante.

« Le matin on se rend en manches de chemise, et les uns après les autres, à un « lavabo installé à l'une des extrémités près du poêle et du water-closet. » Dans les *sleeping-cars* récents, lavabo et cabinets sont en double, l'un des groupes étant exclusivement réservé aux dames.

Cet ensemble de dispositions fonctionne bien, grâce à la discrétion des mœurs américaines, grâce à une tolérance réciproque, et au profond respect dont le sexe faible est entouré partout. Mais nous doutons que cette simplicité d'organisation fût applicable en tous pays [1].

1. Depuis l'Exposition de Vienne (août 1873), des *sleeping-cars* ou wagons-dortoirs ont commencé à circuler sur le continent. Ils appartiennent à une Compagnie spéciale, et, sauf leur appropriation au matériel à six roues ou à quatre roues, ils reproduisent les dispositions fondamentales américaines. On en trouve notamment, entre Ostende et Berlin, Berlin et Vienne, Vienne et Paris, Paris et Cologne, Paris et Bordeaux.

En Angleterre les chemins de fer du Midland et du Brighton, ont de véritables Pullman-Car. On en trouve aussi en Italie. J. M.

Les couchettes sont considérées comme pouvant contenir deux personnes, mais il est très-rare que le même voyageur ne retienne pas une couchette tout entière.

La suspension de ces wagons-dortoirs est bien étudiée ; quand la voie est bonne et la vitesse modérée, on dort généralement bien.

Des *wagons-hôtels* de la Compagnie Pullman circulent sur quelques lignes : l'un d'eux mesurait 21 mètres, reposait sur deux trucks de quatre essieux chacun, et pesait environ 36 tonnes.

Quant au *mode d'exploitation de ces wagons de luxe*, il est de deux sortes : ou par une Compagnie spéciale fondée par M. George Pullman qui le premier (dit-on) imagina les wagons à lits, ou par les Compagnies de chemins de fer, payant un droit de brevet à M. Pullman.

Dans le premier cas, les wagons sont fournis par la Compagnie spéciale, qui reste chargée de l'entretien et du service intérieur, et perçoit le supplément dû par les voyageurs, tandis que les Compagnies de chemins de fer qui ne reçoivent des voyageurs que le prix ordinaire opèrent la traction à leurs frais, et sont chargées de l'entretien extérieur, notamment du graissage des essieux. Le prix généralement perçu par voyageur et par nuit est de 10 francs.

Certaines lignes ont des *wagons munis de fauteuils articulés* dont les dossiers peuvent s'abaisser pour dormir, tandis qu'une planchette se relève pour soutenir les jambes.

Le chemin à voie étroite ($1^m,20$) de Scranton à Carbondale a mis les banquettes des voitures longitudinalement.

Enfin la Compagnie de Philadelphie à Reading possède pour les tournées du directeur un *wagon-locomotive*, muni d'une chaudière de $0^m,50$ de diamètre, et dont les figures de la planche 26 de M. Malézieux donnent une idée suffisante [1].

C. *Des trucks de wagons.* — Le système le plus primitif consiste en un châssis reposant sur les quatre boîtes à graisse par quatre cylindres garnis de rondelles en caoutchouc ; les plaques de garde sont en fonte.

Dans un deuxième système, une sorte de balancier transversal laisse le truck se déplacer transversalement, et son déplacement est limité par la disposition du balancier qui est double, les deux parties étant séparées par des ressorts elliptiques en acier.

Un troisième système usité dans les wagons à lits du Pacifique est représenté dans la planche 26 de M. Malézieux.

Enfin dans les trucks à 3 et 4 essieux des wagons Pullman tous les ressorts sont en acier, et combinés de manière à assurer une égale répartition sur les divers essieux.

Les *trucks des locomotives et tenders* ont des ressorts en acier, les boîtes à graisse étant placées en dedans des roues. Les tenders ont généralement leur châssis en fer, et deux trucks.

Les *roues* des véhicules sont en fonte, pleines, et fondues d'une seule pièce. La lenteur du refroidissement est considérée comme essentielle, et, sitôt la coulée, les roues sont empilées et juxtaposées dans une fosse qu'on chauffe après l'avoir her-

1. Les planches 25, 26 et 27 de l'Atlas de M. Malézieux renferment des dessins relatifs aux wagons américains. La planche 27 notamment est consacrée à un wagon lit dit *Silver palace Car*.

métiquement fermée. La fosse a une forme annulaire concentrique à l'axe d'une grue servant à la manutention des roues.

Les *essieux* sont généralement en fer forgé : ils sont en acier pour les wagons de voyageurs sur le Pensylvania R. R.

Le tableau ci-dessous donne quelques conditions d'établissement des voitures ;

DÉSIGNATION.	Wagons ordinaires.	Wagons à lit Compagnie Pullman	Silver-Palace cars.	Wagons-hôtels.
Poids total.......	17 à 18t	20t	15t.4	35t.5
Nombre des essieux.	4.	6.	4.	8.
Poids par essieu...	4t.5	3t.5	3t.9	4t.5

D. *Freins et attelages.* — Les *freins* jouent un grand rôle en Amérique, non-seulement pour les chemins de fer, mais aussi pour les omnibus ordinaires, où ils servent à chaque arrêt.

Tous les wagons de chemins de fer ont *un frein* manœuvré de la plate-forme, de sorte que le serre-frein placé entre deux wagons peut enrayer les roues des deux trucks les plus rapprochés de lui. La commande se fait généralement au moyen d'un volant et d'un arbre sur lequel s'enroule une chaîne, transmettant l'effort aux leviers et aux sabots fixés sur le truck.

Diverses sortes de *freins continus* et mis à la portée du mécanicien ont été étudiés et mis à l'essai. Le plus répandu est un système à air comprimé, dit de *Westinghouse*, et dans lequel l'air comprimé au moyen d'une pompe spéciale, dans un réservoir porté par la locomotive, circule à volonté dans une conduite s'étendant tout le long du train, et vient agir sur un piston fixé à chaque voiture dans le but de serrer les sabots contre les roues[1].

L'*attelage* des wagons américains se fait entre les caisses, et non pas entre les châssis, comme en France, et il doit permettre la grande obliquité relative que prennent ces longues caisses dans les courbes de petit rayon. Le procédé le plus employé consiste en une forte barre d'attelage en fer terminée par une tête fortement renflée et présentant une cavité ; un long maillon de chaîne logé dans la cavité est retenu par un goujon ou forte cheville traversant chacune des barres d'attelage voisines. Lorsque la locomotive tire, la tension du maillon détermine la traction des véhicules qui se suivent : lorsque la machine refoule, les têtes des barres d'attelage viennent en contact, et opèrent le recul des wagons. Les barres d'attelage sont articulées à la caisse par l'intermédiaire de boites en fonte, contenant des ressorts en caoutchouc ou en acier. Néanmoins les secousses au départ sont assez fortes, le mouvement de lacet n'est pas évité, et les ruptures dans les collisions permettent aux wagons de pénétrer les uns dans les autres, comme les tuyaux d'une lorgnette, d'où le nom de « *telescoping* » donné à ces accidents.

Plusieurs dispositions ont été imaginées pour parer à ces inconvénients, l'une des plus répandues est l'*attelage Miller*. Les deux véhicules sont en contact au moyen d'un tampon central fixé à la caisse, et la barre d'attelage est située au-dessous de

1. 2 planches, publiées dans les *Annales des ponts et chaussées* (janvier 1873) avec une note complémentaire de M. Malézieux, donnent le détail de cette disposition.

ce tampon. Cette barre a sa tête terminée par un bec ou dent d'encliquetage, qui vient embecquer la dent correspondante de la barre du wagon suivant, lorsqu'on pousse les deux wagons l'un contre l'autre : dans ce mouvement les deux tampons de choc se sont légèrement comprimés et maintiennent une tension entre les deux véhicules; pour les dételer on sépare les barres d'attelage au moyen d'un levier manœuvré de la plate-forme.

E. *En résumé* « les wagons américains sont plus hauts, plus longs et plus larges « que les nôtres. Le couloir longitudinal et la possibilité de passer d'un wagon à « l'autre, rendent la longueur en quelque sorte indéfinie. Ce sont des maisons am- « bulantes, analogues à des navires, et dans lesquelles on a considérablement réduit « les sujétions physiques inhérentes à la locomotion. On y a exonéré les voyageurs « de l'immobilité, de l'emboitement auquel les astreignent les voitures ordinaires. « La vie normale y est moins complétement suspendue. Voilà pour le confort.

« Au point de vue de la sécurité, ces longues et lourdes caisses, dont le porte à « faux n'excède pas un sixième de la longueur totale, en dehors des deux trucks « qui les supportent, ont une stabilité d'allure qui, combinée avec le mode de sus- « pension, laisse peu de prise à l'incommode et dangereux mouvement du lacet. De « tels véhicules ne sont pas à la merci de quelques inégalités de la voie et s'har- « monisent bien avec la vigueur surhumaine de la machine qui les entraîne.

« Le fonctionnement des chevilles ouvrières sur l'immense réseau des États-Unis, « répond à bien des préventions théoriques; si cette disposition est réellement in- « compatible avec de très-grandes vitesses, il faut convenir que ces vitesses excep- « tionnelles coûtent cher, et l'on peut se demander si les avantages économiques « qui en résultent sont en rapport avec les sacrifices qu'elles imposent.

« Le problème des freins paraît être résolu d'une façon complète et très-pratique « par l'emploi de l'air comprimé.

« Comme points de détails, nous signalons les siéges pivotants pour les wagons « de luxe, les ressorts en caoutchouc vulcanisé, dont on fait un si grand usage en « Amérique, le double ressort de la suspension et l'attelage Miller ».

§ 3. *Exploitation.* — I. SERVICE DES VOYAGEURS.

L'exploitation des chemins de fer, même des lignes de premier ordre aux États-Unis, présente une grande diversité.

Le Pensylvania Railroad expédie journellement de Philadelphie, dix trains de voyageurs et un train d'émigrants, de 8 heures 30 du matin (A. M. = ante-meridian) à 11 heures 30 du soir (P. M. = post-meridian). La composition de ces trains est indiquée par le tableau ci-dessous (non compris la locomotive et le tender).

NOMBRE DE TRAINS.	LONGUEUR.	VOITURES ordinaires.	WAGONS-LITS.	FOURGON A BAGAGES.	WAGONS DIVERS.	WAGON-POSTE.	TOTAL DES WAGONS.	POIDS.
	mètres.							tonnes.
4 trains..	79	3	»	1	»	»	4	101
3 —	95	4	»	1	»	»	5	117
1 —	116	3	2	1	»	»	6	146
1 —	130	4	2	1	»	»	7	158
1 —	140	3	2	1	1 messagerie.	1	8	165
1 émigrants.	100	1	»	1	6 émigrants.	»	8	100

Il ne s'agit là que de la composition normale, on ajoute au besoin des wagons supplémentaires.

Les dix trains réguliers du service normal comprennent 126 tonnes de poids mort, et 8 tonnes de poids payant : soit 16 contre 1. Dans le cas du train d'émigrants, ce rapport est de 4 3/4 seulement, si l'on ne tient compte que de l'aller, et de 9 environ si l'on a égard au retour à vide.

Un wagon ordinaire a 16 tonnes de poids mort, occupe 16 mètres de longueur, contient 50 places, et part de Philadelphie avec une trentaine de voyageurs.

Un wagon-lit ne contient que seize à dix-sept personnes, le poids mort est de 20 tonnes, et la longueur $17^{m},70$.

Les wagons d'émigrants pèsent 9 tonnes 3/4, leur longueur est de $14^{m},30$ environ, et ils emportent ordinairement cinquante-six personnes.

Les fourgons à bagages et le wagon-poste ont un poids mort de 11^{t} 3/4, et une longueur de $12^{m},80$.

Une locomotive et son tender, occupant $17^{m},70$ de longueur, pèsent à vide 32 tonnes, et en charge 44 tonnes, dont 9 tonnes d'eau et 3 de charbon dans le tender.

Le personnel des trains se compose d'un conducteur chef, d'un agent spécialement chargé des bagages, de deux gardes-freins, du mécanicien et du chauffeur : en outre, dans les wagons-lits, un homme de service, plus un agent spécial de la Compagnie.

Le personnel de la gare de Philadelphie, comprend : un agent général de la division, l'agent général des bagages, le chef de gare, sept hommes pour les bagages, quatre hommes pour les billets, un concierge, un surveillant de jour et trois de nuit, quatre piétons pour les commissions, deux agents pour la vérification et l'attelage du matériel roulant, deux agents chargés des signaux, et deux équipes de trois personnes chacune pour la machine de manœuvre ; en tout trente-trois personnes.

Les stations de dernier ordre n'ont qu'un seul employé. Les gares des localités de 3 à 6,000 habitants ont deux agents : dans les gares plus importantes, le nombre des employés est à peu près dans le même rapport avec celui des voyageurs qu'à la gare de Philadelphie, c'est-à-dire un pour trente-cinq à quarante voyageurs arrivant ou partant journellement.

Les *billets* de chemins de fer peuvent s'acheter en ville ou à proximité des principaux hôtels, et le voyageur arrivant à la gare passe immédiatement sur le trottoir, ou monte dans le train si ce dernier est en gare. « Le spectacle qu'offrent souvent les « grandes gares de Paris au moment où on lâche les voyageurs accumulés dans les « salles d'attente, y compris les femmes et les enfants, blesserait le sentiment « public aux États-Unis. » Le public est également admis sur ces trottoirs.

Entre deux wagons se tient un agent faisant connaître la destination finale des wagons, et s'ils sont pourvus de salons, de compartiments clos ou de lits.

Aux stations importantes le chef de gare fait connaître que l'heure du départ est venue, mais le chef de train a seul qualité pour ordonner la mise en marche du train.

Le contrôle des billets a lieu en route ainsi que le paiement du supplément des wagons de luxes, à moins que les places n'aient été retenues et soldées à l'avance.

Avant chaque station le conducteur parcourt les wagons et recueille les billets de ceux qui veulent descendre. *Aucun autre contrôle n'existe à l'arrivée.* Malgré la facilité que ce système semble offrir à la fraude, il fonctionne dans les États-Unis, et les Compagnies ont probablement acquis la conviction que les abus, renfermés dans

des limites relativement restreintes, n'infirment pas sérieusement les avantages du système[1].

Les voitures qui amènent les voyageurs à une gare n'amènent généralement pas leurs bagages : ceux-ci arrivent sur une charrette particulière, qui vient souvent se placer auprès du fourgon. Les colis n'ont à traverser qu'un trottoir qui est à peu près au même niveau que le plancher de la charrette et celui du fourgon. La manutention à l'épaule est évitée le plus possible : beaucoup de malles américaines ont d'ailleurs des roulettes.

Dans les gares importantes les bagages sont repris par les facteurs sur une large brouette à deux roues de $0^{m},60$ de diamètre, et transportés au *chéquage* puis au fourgon. La longueur de ce transport dépasse rarement 20 mètres.

Le *chéquage* consiste à attacher à une poignée ou à une courroie de chaque colis une petite plaque de cuivre portant le nom de la station de départ, celui de la station d'arrivée et un numéro. Un double de ce chèque est remis au voyageur, et un employé tient une liste des objets chéqués.

Une balance est à proximité, mais on ne procède au pesage que lorsque le poids paraît excéder sensiblement les 45 kilogr. accordés. Il n'est rien perçu pour cet enregistrement. D'ailleurs on voyage avec peu de bagages aux États-Unis.

A l'arrivée les bagages sont rendus contre remise du *chèque ;* mais généralement avant l'arrivée dans les grandes villes, un agent d'une Compagnie autorisée parcourt les wagons, recueille les chèques et note sur un carnet le numéro à côté de la désignation de l'hôtel choisi ; il remet en échange un morceau de papier reproduisant le numéro du chèque, au crayon. Le transport coûte en général 1 fr. 25 c. Sitôt arrivé à la gare le voyageur peut donc immédiatement prendre les omnibus, lesquels n'acceptent pas de bagages ; d'un autre côté les voitures particulières sont d'un prix excessif.

Ce système très-commode donne lieu à peu d'abus. M. Malézieux, dans un parcours de 15,000 kilomètres effectué en trois mois, a eu 17 fois recours au chéquage, et n'a eu à constater qu'une seule erreur bientôt réparée après l'échange de quelques télégrammes entre divers bureaux de la ville de Cincinnati.

Les voyageurs ont un an et un jour pour réclamer leur bagage à la gare de destination. En cas de perte (un colis sur 10,000), l'indemnité se calcule sur l'évaluation du bagage personnel du voyageur, abstraction faite de toutes marchandises, celles-ci n'ayant pu être que frauduleusement présentées à titre de bagages.

II. DE LA VITESSE DES TRAINS.

Elle varie suivant l'importance des chemins et leurs conditions d'établissement.

Parmi les lignes parcourues par M. Malézieux[2], le maximum de la *vitesse réduite*,

1. Ce système est le seul possible avec des gares ouvertes. Il faut d'ailleurs qu'il ne présente pas de graves inconvénients, car il est adopté, non-seulement dans la partie de la Suisse ou circule le matériel à couloir, mais dans *toute l'Allemagne, avec des voitures ordinaires*, et au moyen de la circulation extérieure des contrôleurs sur les marche-pieds pendant la marche des trains.

Les trottoirs des gares d'Allemagne et de la Suisse (sauf l'Ouest de la Suisse) sont presque toujours accessibles au public. J. M.

2. Les détails sont donnés pour dix-huit lignes dans un tableau pour lequel nous renvoyons au rapport.

c'est-dire *arrêts compris*, s'est maintenu à 54 kilomètres à l'heure, sur un trajet de 457 kilomètres. C'est une vitesse comparable à celle des chemins français de premier ordre. Le minimum a oscillé autour de 32 kilomètres à l'heure sur un ensemble de de 2,000 kilomètres dans les États de l'Illinois, Iowa, Virginie, Missouri et New-Jersey; c'est la vitesse moyenne des trains omnibus en France. Enfin cette vitesse réduite est descendue à 30 kilomètres à l'heure, sur les 3,000 kilomètres de la grande ligne joignant l'Océan au Pacifique.

Il y a plus de 4,000 kilomètres sur lesquels des trains marchent à 40 kilomètres à l'heure et au-delà.

La *durée* des arrêts est en moyenne aussi longue que pour les trains français, mais le NOMBRE DES ARRÊTS est beaucoup moindre. Par suite *la vitesse réelle de marche*, ou de déplacement, atteinte par les trains, est-elle moins forte qu'en France. Sur deux grandes lignes de l'État de New-York, cette vitesse pour les diverses natures de trains est : Express 64 à 56; omnibus, 42; marchandises, 24 à 19 kilomètres.

M. Malézieux compare dans un tableau intéressant les vitesses réduites et l'espacement moyen des arrêts de 38 lignes américaines et françaises. Nous y remarquons les deux exemples suivants :

New-Yorck à Buffalo,	708^k	vitesse moyenne	52^k,1	esp^t moyen des arrêts :	100^k
Philadelphie à Pittsburg,	571	—	47 ,6	—	190

De New-York à Chicago, 1549 kilomètres, la vitesse moyenne, 52^k,5, est la même que celle du train-poste de Paris à Marseille[1] (864 kilomètres). La longueur moyenne des étapes est de 48^k.3 en Amérique, et de 50^k,8 en France. Le train américain, a trois arrêts de 25 minutes pour les repas, passe sur le pont suspendu du Niagara à la vitesse réduite de 8 kilomètres à l'heure, traverse deux lignes de douanes, et enfin la grande rivière de Détroit, où le train est embarqué sur un bac à vapeur.

III. TARIFS KILOMÉTRIQUES.

Le rapport analysé contient un tableau donnant les prix payés pour divers parcours. Sauf quelques cas spéciaux, ils varient de 10 à 12^c,5 par kilomètre. Ils descendent à 6,7 pour une ligne en concurrence avec plusieurs autres, et montent à 22 centimes par kilomètre pour la section d'Ogden à San-Francisco du *Pacifique*. Les indicateurs ne donnent pas les prix.

Quand un itinéraire peut être arrêté par avance, il y a souvent une grande économie à prendre dès l'origine un billet, valable dans certaines limites de temps, qui permet de s'arrêter à certains points intermédiaires et se divise à cet effet en un certain nombre de coupons.

Souvent on trouve des réductions pour le voyageur empruntant dans un trajet toute la longueur d'une ligne : enfin les émigrants ont un tarif spécial réduit assez souvent de près de moitié.

Pour les marchandises, le prix kilométrique moyen paraît compris : 1° entre 5 et 8 centimes sur les lignes les plus importantes, qui luttent entre elles ou contre des voies navigables; et 2° entre 12 et 18 centimes par tonne et par kilomètres sur les autres.

1. Actuellement, en 1875, le train dit *rapide* a une vitesse moyenne de 54 kilomètres à l'heure. La longueur moyenne des étapes est portée à 52 kilomètres. En 1876 l'express de Bordeaux marche à une vitesse moyenne de 64 kilomètres, et l'express d'Angers à 58 kil.

IV. TRAFIC.

Un grand tableau donne, dans le rapport, la fréquentation des principaux chemins de fer aux États-Unis, en 1869, pour trente-trois des principales Compagnies.

Le tonnage total des marchandises aux États-Unis, moins la houille, était évalué (en 1869) à 72,500,000 tonnes, valant 55 milliards de francs.

La *recette* des chemins de fer est estimée à 30,000 francs en moyenne par kilomètre, ce qui fait 60 francs par habitant. La recette totale s'élèverait ainsi à 2 milliards 250 millions, soit 22 pour 100 des 10 milliards employés à la construction.

V. RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES PARTICULIERS AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE NEW-YORK.

(Longueur de 9,489 kilomètres desservis par des locomotives, et 758 kilomètres desservis par des chevaux.)

Nous relèverons les chiffres suivants :

	Double voie.	Simple voie.
Dépense moyenne par kilomètre pour l'entretien de la voie.....	12.485f	7.777f
Dépense moyenne par kil. pour l'entretien des machines......	6.784	4.226
Dépense moyenne par kil. pour l'exploitation..............	14.844	9.246

Recette moyenne par voyageur, kilomètre.........	7c,5
Recette moyenne par tonne et par kilomètre.......	6c,5
Rapport de la dépense à la recette, moyenne.......	69 ,11 °/₀.

VI. ACCIDENTS.

Les chemins des États-Unis passent pour donner lieu à beaucoup d'accidents. Voici le relevé de ceux de l'État de New-York, dont nous avons ci-dessus donné la longueur :

DÉSIGNATION.		CHEMINS A LOCOMOTIVES.		CHEMINS DESSERVIS PAR DES CHEVAUX.		TOTAUX.
Voyageurs..........	tués...	22		11		33
	blessés.		80		46	126
Employés...........	tués...	79		1		80
	blessés.		107		6	113
Personnes étrangères.	tuées..	118		15		133
	blessées		86		19	105
Total.....	tués...	219		27		590
	blessés.		273		71	

Les soins à donner aux blessés font l'objet d'instructions affichées dans les gares de quelques chemins[1].

Relativement aux *dommages-intérêts*, un journal du Canada, contenait les renseignements suivants :

« La Commission nommée pour s'enquérir de la manière dont s'applique la loi « sur les dommages-intérêts dûs par suite d'accidents de chemins de fer, vient de « déposer son rapport. Elle pense que les plaintes des Compagnies sur le taux ex- « cessif des indemnités allouées par le jury, sont en grande partie fondées. Les « Compagnies voulaient faire prévaloir deux principes : la limitation de leur res- « ponsabilité et le règlement des indemnités par voie d'arbitrage. La Commission « est d'avis que le jury ne fonctionne pas bien en cette matière, et elle propose « l'établissement d'un tribunal qui, constitué assez fortement pour inspirer confiance « au public, serait légalement assisté par un service d'ingénieurs et de médecins. « Avec un tribunal de cette nature, la Commission ne voit pas de raison pour mo- « difier le système actuel de responsabilité illimitée. Mais dans le cas où la fixation « des indemnités continuerait d'être attribuée au jury, la Commission pense qu'on « pourrait limiter les allocations aux chiffres que voici : 25,000 francs pour un « voyageur de première classe, 12,500 francs pour un voyageur de deuxième classe, « et 7,500 francs pour la troisième classe.

« Le public pourrait d'ailleurs s'assurer auprès des Compagnies, à des prix rai- « sonnables, pour des suppléments d'allocations éventuelles. »

IIe SECTION. — Détails particuliers sur quelques lignes.

§ 1. — *Le chemin de fer du Pacifique.*

1. PRÉLIMINAIRES. — Le chemin du Pacifique, ouvert le 10 mai 1869, s'étend d'*Omaha* à *San-Francisco* sur 3,080 kilomètres, traversant d'immenses solitudes, et donne au commerce de l'Europe un débouché vers le Japon et la Chine. Il a été construit sur presque toute sa longueur en moins de quatre années, dans des contrées généralement stériles et sans ressources, où il fallut transporter de quoi nourrir les ouvriers, où l'eau même et le bois manquèrent souvent, où l'on dut enfin lutter contre l'hostilité des tribus errantes que la race indienne y comptait encore.

Le Congrès intervint, pour la première fois dans la création de ce chemin de fer, concédé à deux Compagnies, l'une (Union-Pacifique), partant d'*Omaha* et se dirigeant vers l'ouest, l'autre (Central-Pacific), partant de *Sacramento* et marchant à la rencontre de l'autre. Les terrains furent cédés gratuitement pour l'emplacement du chemin de fer, et il y eut également cession gratuite de moitié des terrains domaniaux, bordant le chemin sur 32 kilomètres de chaque côté, ce qui représente environ 1/6 de la superficie de la France.

Le Congrès stipulait un prêt d'argent sous forme d'obligations trentenaires, rapportant 6 pour 100. Enfin, autorisation pour la Compagnie d'émettre en son propre

1. Dans les gares françaises se trouve une petite brochure (non affichée), faisant partie de la collection des instructions, et intitulée : « Premiers soins à donner aux malades ou blessés, en attendant l'arrivée d'un médecin. »

nom des obligations pour une somme égale au montant de celles qu'elle recevrait du gouvernement et à mesure que celles-ci lui seraient livrées.

L'exécution de ces engagements et la bonne administration de la Compagnie étaient assurées par diverses mesures complémentaires, telles que : hypothèque des terrains, nomination de cinq administrateurs (sur vingt) par le Président des États-Unis, etc.

II. Description. — Le rapport de M. Malézieux décrit la ligne du Pacifique *de visu*, et en suivant cette description sur la carte on se rend compte assez facilement du relief et de la nature des contrées qui séparent le Missouri de l'Océan Pacifique. Cette ligne, qui compte près de 3,000 kilomètres en plein désert, s'élève jusqu'à deux kilomètres et demi au-dessus du niveau de l'Océan, et elle se tient, sur une longueur de 1,800 kilomètres, à une altitude moyenne de 1,800 mètres environ. Des conditions aussi extraordinaires ont imposé des problèmes nouveaux, et quelques-unes des solutions sont indiquées dans le rapport que nous analysons.

Le trajet de 3,080 kilomètres d'Omaha à San Francisco se fait en 100 heures. La dépense est de 1,200 francs environ pour l'aller et le retour. Il n'y a qu'un seul train de voyageurs par jour, desservant par suite toutes les stations, dont l'espacement moyen est de 14 kilomètres seulement. C'est surtout en Californie que les stations sont rapprochées. (Pl. 36 de M. Malézieux.)

Les heures se comptent par rapport à 3 méridiens différents : 1° celui d'Omaha pour les 922 premiers kilomètres, jusqu'à *Laramie*, point où se trouvent les ateliers de l'Union Pacific; 2° celui de Laramie pour la portion de 738 kilomètres se terminant à Ogden; 3° celui de Sacramento pour les 1240 kilomètres d'Ogden à San Francisco.

L'heure de Sacramento retarde, savoir : de 1h,10 sur celle de Laramie, de 1h,42 sur celle d'Omaha, de 2h,58 sur celle de Washington, de 8h,15 sur celle de Paris.

La plupart du temps les terrassements se sont bornés à fort peu de chose. De chaque côté de la voie est un fossé dont les terres ont servi à bourrer les traverses et à les élever un peu au-dessus du sol naturel. Il n'y a pas de balast. Tous les ouvrages sont généralement provisoires et en charpente, et les trains ralentissent à leur passage.

Sur le plateau que l'on suit pendant 7 ou 800 kilomètres, à l'altitude de près de 2,000 mètres, il a fallu établir de nombreuses défenses contre la neige. Deux types sont décrits, les simples palissades (snowfences) dont il est mis quelquefois trois ou quatre rangées occupant 60 à 80 mètres de longueur, et les hangars (snow sheds) qui, dans le passage de la Sierra Nevada, constituent de véritables tunnels en bois ; la longueur totale de ces galeries, coûtant près de 30,000 francs par kilomètre, était de 72 kilomètres en 1870. (Pl. 28 de M. Malézieux.)

Deux fois seulement le trajet parcourt des vallées pittoresques, et alors un wagon découvert est ajouté à l'arrière du train.

Il n'existe que quelques tunnels, et le plus long n'a que 235 mètres; il n'était pas fini au moment de l'ouverture de la ligne, dont le passage s'est fait alors provisoirement au moyen de lacets à rebroussements en Z, et en rampes de 47 millimètres, une locomotive étant attelée à chaque extrémité du train.

A Ogden se détache un embranchement de 60 kilomètres conduisant à la ville du grand Lac Salé, résidence des Mormons, et en pleine prospérité, grâce à son territoire fertile.

Le train du Pacifique n'arrive pas à San Francisco, mais à *Oakland*, qui en est séparé par un bras de mer. Le train traverse lentement la ville d'Oakland, sur plusieurs kilomètres, et s'avance, sur une estacade, à un point de la baie où il y a plus de 10 mètres de profondeur d'eau.

III. — Exploitation. — Le Pacifique est à une seule voie d'Omaha à San Francisco. La largeur de la voie est de 1,436. Le poids des rails varie de 27 à 33 kilomètres ; et ils ont ordinairement $8^m,50$ de longueur.

Les traverses, *en pin jaune* ou en *Redwood* (pin de Californie), ont une longueur de $2^m,50$, une épaisseur de $0^m,15$ et une largeur de $0^m,16$ à $0^m,20$. Leur écartement d'axe en axe varie de $0^m,61$ à $0^m,71$.

Indépendamment des deux têtes de lignes, il y a 13 stations pourvues de buffets, où l'on s'arrête trois fois par jour pendant 20 minutes environ. Presque toutes possèdent des dépôts pour 10, 20 ou 30 machines; quelques-uns sont accompagnés d'ateliers de réparation. Omaha et Sacramento ont des ateliers de construction.

En 1870 les deux Compagnies avaient en service 42 wagons à lits, 163 wagons ordinaires, et 5,331 wagons à marchandises.

L'année expirée au 30 juin a donné les produits suivants ; pour la longueur totale :

Recettes brutes..............	72,072,719 fr.
Dépenses d'exploitation.......	45,958,930
Produits nets...............	26,113,789

Quant à *l'avenir commercial* du chemin, on compte sur le transit et particulièrement sur celui du thé et de la soie de la Chine et du Japon. Le trafic local acquerra de l'importance seulement pour le transport des minerais d'argent, d'or, de fer et peut-être des houilles.

La vente des terrains concédés paraît illusoire, car la plupart sont impropres à la culture.

IV. Autres lignes de jonction du Mississipi avec l'Océan Pacifique. Plusieurs lignes destinées à faire concurrence à la ligne du Pacifique sont en projet; l'un beaucoup plus au nord et aboutissant à Portland (Orégon), n'aurait qu'un faîte à franchir et suivrait partout des terrains pouvant être mis en culture. Viennent ensuite le *Kausas Pacific, Atlantic and Pacific*, enfin le Memphis, il Paso and Pacific, aboutissent à San Diego au sud de San Francisco, Compagnie bien connue sur le marché financier de Paris.

§ 2. *Du transport des charbons de la Pensylvanie.*

L'analyse de ce pararaphe a été faite par M. Brüll, page 421 du présent bulletin, nous ne le mentionnons que pour mémoire.

IIIe Section. — De la législation américaine en matière de chemins de fer.

Le chapitre des chemins de fer se termine par un exposé sommaire de la législation américaine, exposé divisé en deux paragraphes.

§ 1. *Du mode de constitution des Compagnies et des droits dont elles jouissent.*

§ 2. *Police des chemins.*

Nous empruntons aux *Annales des ponts et chaussées* (septembre et octobre 1872), un résumé très-bien fait de ces intéressantes questions.

Nécessairement écourté, le travail que nous analysons a du moins le mérite de ne fournir que des indications puisées dans le texte même des trente-huit lois faites par la législature de l'État de New-York de 1850 à 1870. Le rapprochement de cette législation et de la nôtre donne lieu à des contrastes assez curieux. Par exemple, dans l'estimation des terrains expropriés, la loi française prescrit, la loi américaine défend d'avoir égard à la plus-value des terrains restants. L'ordonnance royale du 15 novembre 1846 interdit de placer dans les trains de voyageurs aucun véhicule monté sur des roues en fonte : les wagons américains n'en ont pas d'autres. Il est de règle chez nous de placer un wagon à bagages ou à marchandises en queue des trains de voyageurs : le cas échéant en Amérique, on punit et le chef de train et l'agent qui a présidé à l'arrangement des wagons. La loi Grammont (du 2 juillet 1850) interdit de maltraiter aucun animal domestique : la législature de l'État de New-York a été plus loin : le 13 avril 1866, elle a entendu épargner jusqu'à la fatigue aux animaux *transportés par chemin de fer*, mais à une condition, c'est que ces animaux soient de ceux dont l'homme se nourrit.

Le rapport a signalé le rôle que jouent, dans le mécanisme financier des chemins de fer américains, des *trustees* ou fidéi-commissaires chargés, moyennant une rémunération convenue, de surveiller l'emploi des fonds provenant des obligations. C'est entre leurs mains, et non ailleurs, que l'argent doit être versé ; ils en sont personnellement responsables. — A l'action individuelle et bornée de ces *trustees* on cherche maintenant à substituer celle des Compagnies spéciales (*trustees-Compagnies*), plus puissamment organisées, et dont on s'ingénie à assurer l'indépendance vis-à-vis des administrations des chemins de fer. Il faut se souvenir d'ailleurs que les Compagnies américaines étant, non pas simplement usufrutières, mais propriétaires de leurs lignes, les obligations en *bonds* peuvent avoir et ont en effet un privilége hypothécaire qui constitue une sécurité spéciale si les émissions sont convenablement limitées eu égard à la valeur *réalisable* des terrains, des rails, etc. C'est aux souscripteurs à se renseigner sur ce point de départ.

Ce n'est pas sans surprise que l'on remarque la facilité avec laquelle les Compagnies se constituent légalement, l'usage qu'elles peuvent faire du droit d'expropriation sur des garanties qui chez nous paraîtraient si insuffisantes, — la faculté qu'elles ont d'emprunter sans limite et le rôle prédominant que jouent les obligations dans le payement des travaux, — la concurrence à outrance que tend à créer la multiplicité indéfinie des lignes, mais qui le plus souvent aboutit à des arrangements conclus aux dépens du public, — enfin la simplicité des règlements et de l'originalité de mœurs qui se reflète dans certaines lois.

CHAPITRE V

TRAVAUX MUNICIPAUX.

Les États-Unis, dont la population égale celle de la France et dont l'étendue est quinze fois plus considérable, possèdent :

14 villes de plus de 100,000 âmes,
25 villes de plus de 50,000
et 50 environ de plus de 25,000 âmes.

M. Malézieux a visité une douzaine de villes ayant plus de 100,000 âmes, mais le rapport ne s'étend que sur les travaux de New-York, Washington, Philadelphie et Chicago, en les examinant suivant les deux grandes divisions du service municipal de Paris, la voie publique et le service des eaux.

Ire Section. — Voie publique.

Les rues. — La plupart des villes américaines ont été bâties sur un plan préalablement arrêté, les rues très-larges et se coupant à angle droit.

Les rues ou avenues sont souvent désignées par numéros. A New-York la plupart des rues présentent deux séries de numéros qui commencent à un axe central formé par Broadway, puis par la Cinquième avenue. Il faut alors ajouter au numéro de la rue une indication tirée de son orientation par rapport à la rue centrale. Par exemple :

Dr F. Lieber, 34 *E.*, 48th *str.*, veut dire : no 34 de la partie Est de la 48e rue.

A Philadelphie les rues dirigées vers le Nord sont désignées par des numéros; les autres portent des noms. Dans les parties de ces dernières comprises entre les rues numérotées, les numéros des maisons commencent une centaine après chaque rue, ainsi les numéros entre la 13e et la 14e rue, commencent à 1300; entre la 14e et la 15e, à 1400.

A Washington plusieurs rues forment une étoile, dont le Capitole est le centre.

Les plus larges rues ont été trouvées dans la capitale des Mormons, « *la ville du Lac Salé*, » elles sont plantées d'acacias et peuvent avoir de 40 à 50 mètres.

Les indications de numéros ou noms des rues sont inscrites en caractères assez petits sur le verre des lanternes à gaz, et les recherches ne sont pas toujours faciles.

Chaussées de New-York. — La plus grande partie de la ville est pavée en galets. « Le seul aspect de ces chaussées serait intolérable à Paris. Il faut dire que les voitures suspendues sont peu nombreuses, et qu'elles circulent librement sur les rails plats dont les voies principales sont munies. » Beaucoup d'avenues sont garnies de pavés, le granite étant préféré au trap, parce qu'il est plus beau, plus durable et surtout moins sujet à devenir glissant par le polissage de la surface.

Les chaussées empierrées ne se trouvent qu'en dehors de la ville.

Des essais de pavages en bois de sapin se font à New-York sur une grande échelle. Ils coûtent près de 40 francs par mètre carré. Trois systèmes sont employés :

1° les rangées de blocs sont posées sur une forme en planche, et séparées les unes des autres par des tringles méplates en sapin, clouées sur le plancher au moyen de clous enfoncés obliquement. Ces tringles forment des intervalles remplis de gravier chauffé et arrosé de goudron. — 2° Les rangées de blocs sont jointives, et la solidarité est obtenue en insérant dans le joint, à mi-hauteur, une petite cheville carrée. — 3° La forme est en sable fin, les rangées de blocs sont séparées par des planches de sapin qui sont ensuite enfoncées dans le sable de 8 centimètres; la rainure ainsi formée est remplie de gravier arrosée de goudron. (Pl. 51 de M. Malézieux.)

Au croisement des rues deux lignes de dalles facilitent aux piétons le passage d'un trottoir à l'autre.

Trottoirs et maisons. — Le dessous du trottoir fait en général partie du sous-sol de la maison riveraine; le passage réservé aux piétons n'occupe qu'une partie du trottoir, le reste est pris, soit par des glaces épaisses destinées à donner du jour au magasin ou sous-sol inférieur, soit par un vide et un escalier extérieur. Sur le trottoir, un trou de 0m,30, fermé par une plaque en fonte, sert à emmagasiner le charbon de terre.

Dans les habitations privées, la cuisine et la salle à manger sont ordinairement en sous-sol, le salon est au rez-de-chaussée, les étages supérieurs comprennent les chambres. Chacun a sa maison, et non un étage, aussi les façades sont-elles assez étroites. 7m,62 est une dimension ordinaire à New-York, avec une profondeur de 30m,50, dont le tiers ou moitié occupé par un jardin. Quelques maisons n'ont même que 5 mètres de façade. (Pl. 61 de M. Malézieux, fig. *a*, *b*, *c*, *d*, α et β.

Le dallage des trottoirs est loin d'être parfait, même dans Broadway, la grande rue de New-York. A Montréal, où les rues sont pavées en bois, les trottoirs sont planchéyés en sapin, et à Chicago les trottoirs sont des plates-formes en sapin.

Chemins de fer des villes. — Les tramways ont rencontré à l'origine une certaine opposition, mais il y en a aujourd'hui environ 7,000 kilomètres aux États-Unis. Les rails occasionnent bien une légère secousse aux véhicules ordinaires, mais généralement on remplace maintenant le rail à gorge par une nervure et une partie plane. Les voitures ordinaires roulent sur cette dernière, et les frais d'entretien des chaussées sont diminué. (Pl. 52 de M. Malézieux.)

Le public américain apprécie un moyen de transport qui met le centre d'affaires en communication avec les zones excentriques où les maisons d'habitation peuvent s'établir plus à l'aise.

La plupart des villes américaines sont sur terrain plat, circonstance favorable à l'usage des rails.

La *voie* est constituée par des longrines de pin jaune, de 0m,13 de largeur sur 0m,18 de hauteur. Elles reposent sur des traverses espacées de un mètre à 1m,80, ayant souvent 0m,15 de largeur sur 0m,13 d'épaisseur, débordant la voie d'environ 0m,30 de chaque côté, et faites en chêne blanc, châtaignier, pin jaune ou blanc. Des équerres en fonte placées extérieurement aux longrines, les empêchent de s'écarter. Les traverses sont posées sur du balast de pierres cassées ou de gravier. Quelquefois il n'y a que des traverses, et elles sont alors espacées seulement de 0m,60.

A Philadelphie le rail plat de 0m,12, avec nervure saillante du côté extérieur,

pèse 22 kilogrammes du mètre. Deux talons inférieurs se fixent dans des feuillures de la longrine, et le rail est en outre attaché par des tire-fonds. Lorsque les rebords sont extérieurs, la voie doit avoir 1m,59 entre les rebords, afin d'assurer la circulation des voitures ordinaires.

Dans les courbes de 10 à 20 mètres de rayon nécessaires pour tourner dans certaines rues, le rail extérieur est plat.

Les *voitures (street cars)*, sont très-basses, les roues n'ayant que 0m,60 à 0m,75 de diamètre, et étant en outre logées sous les banquettes longitudinales. On accède très-facilement par des paliers ou perrons extérieurs situés à chaque extrémité. La longueur totale est de 5 à 8 mètres, contenant de 18 à 25 personnes assises. Le toit présente un surhaussement central permettant de se tenir debout, et servant à l'aération. Il n'y a pas d'impériale. Les plaques de garde sont en fonte, et les ressorts en caoutchouc. (Pl. 26 de l'Atlas de M. Malézieux.)

Les petites voitures sont traînées par un cheval, les autres par deux chevaux. Les voitures sont symétriques, et le cheval, attelé à un crochet, à l'une des extrémités à l'aller, est au retour attaché à un crochet semblable fixé à l'autre extrémité. Il n'y a pas de brancards, le cheval ne fait que tirer, et la voiture est arrêtée au moyen du frein.

Bien que le nombre des places soit déterminé, il monte un excédant de voyageurs debout, entre les autres, et se tenant à des poignées de cuir suspendues au plafond de la voiture; personne ne se plaint.

« Les faits de tolérance réciproque, — qu'on les explique par l'intérêt bien en-
« tendu ou par des sentiments de charité chrétienne, — se rencontrent à chaque pas
« aux États-Unis. De telles mœurs simplifient beaucoup les difficultés d'organisation
« et de réglementation. »

En général, le conducteur perçoit le prix des places, mais quelquefois le cocher est seul. A Washington, par exemple, ce dernier, lorsque vous le payez, vous rend la monnaie, au moyen d'un petit paquet disposé à l'avance, et renfermant un jeton de cuivre que le voyageur dépose dans un tronc. Le son qui se produit alors sert d'indice au cocher.

Les *tramways de New-York* sont entre les mains de vingt compagnies différentes ayant de 25 à 125 voitures, et même 250 voitures pour la *Compagnie du chemin de fer de la 3e avenue*, de 13 kilomètres de longueur. Le Chemin est tenu de faire partir des voitures toutes les quatre minutes de 7 heures du matin à 8 heures du soir, et toutes les quinze jusqu'à minuit. En fait, l'intervalle est plus réduit, et n'est quelquefois que de trois quarts de minute dans la journée. Le personnel de cette ligne est d'un millier d'hommes, et sa cavalerie de 1,600 chevaux consomme journellement 18,000 litres d'avoine et 25,000 kilogrammes de foin.

L'État de New-York, dont l'étendue est près du quart de celle de la France, possède 470 kilomètres de tramways, 1,763 voitures, et 9,894 chevaux ou mulets. L'établissement a coûté 107 millions de francs. En 1869 la dépense de la voie a été de 3 millions, y compris 928,000 francs de contributions. Les recettes ont été de 48 millions et les dépenses de 34.

Six lignes d'omnibus ordinaires circulent encore à New-York. Les voitures, très-légères, n'ont que 10 places. La portière se tient fermée au moyen d'une courroie de cuir maintenue par le pied du cocher. Ces véhicules ne marchent pas le dimanche, tandis que les tramways n'arrêtent pas.

Un chemin de fer aérien porté sur une rangée de colonnes a été construit à titre

d'essai à New-York; les voitures sont remorquées par un câble mis en mouvement par des machines fixes. En 1870, ce chemin n'avait pas de service régulier.

Ponts tournants et tunnels sous l'eau à Chicago. — Cette ville est située sur le bord du lac Michigan, et traversée par deux rivières réunies ayant un tronc commun de 1,400 mètres avant de se jeter dans le lac. Pour réunir les quartiers des diverses rives de nombreux ponts en bois ont été construits. Ils sont tous formés d'un tablier recouvrant deux travées et pivotant sur une pile intermédiaire. Le passage libre est de 20 mètres environ.

Mais ces ponts gênent le passage des navires; et les communications des deux rives augmentant sans cesse, la commission municipale dite des travaux-publics a décidé l'exécution de deux tunnels dont le premier, a 60 mètres de longueur et l'autre a plus de 100 mètres. Les rampes d'accès du premier inclinées à 6 centimètres ont été trouvées trop raides, et elles ont été réduites à 5 centimètres par mètre pour le second. Tous deux se composent de 3 voûtes, dont l'intrados est à 5 mètres environ de l'étiage seulement, et cette faible distance du fond à fait recourir pour leur construction à l'emploi d'un batardeau de 30 mètres de longueur environ, dans lequel on a épuisé, ouvert une tranchée, construit le tunnel à ciel ouvert, et remblayé par dessus. (Pl. 26 de M. Malézieux.)

Gare aux bestiaux de Chicago.— Chicago contient un établissement industriel d'une nature particulière; c'est un grand parc à bestiaux servant de gare et construit par une société particulière, au prix de 8,375,000 francs. Cet immense parc de 139 hectares, dont une partie est couverte, peut contenir 100,000 porcs, 50,000 moutons, 27,000 bœufs et 350 chevaux.

Égouts de New-York. — D'après le rapport de M. Malézieux, il y a beaucoup à faire à ce sujet en Amérique. Les conduites d'égout de New-York, formées de tuyaux de 0m,230, s'engorgent facilement.

Le Central-Park de New-York. — La création de ce parc, d'une superficie de 296 hectares, a eu un double résultat : 1° la dépense avait été de 54 millions de francs, correspondant à une charge d'emprunt d'un peu plus de 3 millions; or la plus value des terrains voisins a augmenté le produit de l'impôt de 14 millions; soit 10 millions de bénéfice; 2° M. Malézieux évalue à 7 millions le nombre des personnes entrées dans le parc et ayant ainsi joui d'un bien-être gratuit. Il s'est souvenu avec quelque fierté, en le visitant, que c'est de France qu'est partie, il y a plus de vingt ans, l'impulsion qui a fait transformer les jardins publics.

Éclairage public. — Quatre Compagnies de gaz desservent la ville de New-York, et une cinquième a été autorisée. A elles toutes, elles ont plus de 800 kilomètres de conduites et 19,000 becs, ce qui ne représente cependant que la moitié environ de ce que possède la Compagnie parisienne du gaz.

Le prix varie dans les diverses villes suivant l'importance et suivant la distance des mines. On le trouve par exemple :

A 0f ,33	le mètre cube à	Pittsburg,
0 ,45	—	Cincinnati,
0 ,53	—	New-York,
0 ,66	—	Albany et Chicago,

0 ,80	—	Saratoga et Saint-Louis,
1 ,24	—	San José (Californie),
2 ,52	—	Virginia-City (haut de la Sierra-Nevada).

La 2e section du chapitre VI, *Distribution d'eau,* a été précédemment analysée. (Voir page 368.)

CHAPITRE VI.

OBJETS DIVERS.

I. APPAREILS DE TRANSBORDEMENT ET DE BARDAGE.

Colis ou marchandises emballées. — Pour les *navires* les procédés ressemblent à ceux usités en France. — Grâce au grand développement des quais la marchandise est presque toujours déchargée directement dans des hangars particuliers. Les bateaux de rivières sont chargés au moyen de petits chariots à bras qui traversent la passerelle volante.

Pour les *chemins de fer*, le petit chariot qui reçoit les colis à leur arrrivée les conduit jusqu'au fourgon. Lorsqu'un passage d'eau est à franchir, le petit chariot chargé prend place sur le bateau.

« On réduit autant que possible la longueur du camionnage dans les villes. Les « locomotives y pénètrent très-avant, dans les rues mêmes : puis on sépare « souvent les wagons, on attelle deux ou trois chevaux à chacun d'eux, et on « avance encore. Les marchandises arrivent ainsi soit aux quais d'embarquement, « soit aux gares ou dépôts intérieurs, où les camions les prennent pour les distri- « buer à domicile. »

Les *camions* ont le plancher incliné vers l'arrière. Des pieux de bois fichés dans ce plancher retiennent les colis; deux ou trois de ces barres plus fortes que les autres servent de plan incliné pour décharger les marchandises. Ces dernières sont reçues dans les sous-sol par l'espace ménagé entre la maison et le trottoir, comme nous l'avons dit plus haut. Des glissières moins inclinées dans le bas que dans le haut facilitent la descente des colis.

Les appareils élévatoires dont on se sert sont de plusieurs sortes. Pour monter du sous-sol au niveau de la rue (2m,50), il y a une plate-forme montée au moyen d'un treuil. Dans l'intérieur de la maison, les marchandises du sous-sol sont élevées aux étages supérieurs par une corde et une poulie fixées dans la cage de l'escalier. Ce système a été perfectionné, la poulie supérieure ayant été remplacée par un treuil, et le crochet par un plateau ou cage guidée. Quelquefois le treuil est en bas, avec un renvoi dans le haut.

Dans les hôtels et quelques maisons particulières, des ascenseurs mus par la vapeur sont employés. L'un d'eux très-perfectionné, installé en 1870 à New-York, est

décrit avec détails par M. Malézieux : deux ascenseurs pareils et leur chaudière avaient coûté 100,000 fr. (Pl. 59 de M. Malézieux.)

Ces divers appareils connus en France, mais peu employés, sont d'une grande utilité pour le commerçant américain.

Marchandises encombrantes. — *La glace* est un objet de première nécessité en Amérique. Elle s'emmagasine dans des constructions en charpente élevées au bord des rivières, et encloses par un double mur de planches, rempli de sciure de bois. La glace amenée par bateau est reprise de même, et n'est débarquée que lorsque les camions sont venus s'adosser à un quai aussi haut que le plancher des voitures. Le cheval est dételé, et par l'intermédiaire d'une corde et d'une poulie, tire de la cale les morceaux de glace : ceux-ci trouvent au niveau du pont une glissière qui les amène sur le quai et presque dans la voiture. (Pl. 60 de M. Malézieux.)

Le charbon est débarqué au moyen d'une *grue à cuiller* très-simple. Le cheval du camion que l'on charge, fait remonter la cuiller en tirant une corde placée de biais et tendant à amener la grue au-dessus du chariot. Une deuxième corde fixée à la flèche de la grue et maintenue autour d'un pieu par un homme empêche la grue de tourner pendant que la cuiller monte du fond du bateau : cette amarre est ensuite lâchée pour le déchargement de la cuiller.

Les *grains* sont soumis à de nombreux transbordements, et séjournent quelquefois plusieurs mois dans des magasins où on les conserve en les aérant de temps en temps. A Chicago, par exemple, l'un des bâtiments ayant 64 mètres de long et 23 de largeur s'avance au bord de la rivière ; la voie de fer est du côté opposé. Les coffres d'emmagasinage sont au nombre de 108, ayant environ 3 mètres de côté, et une hauteur de 15 mètres. Ils sont posés à $4^{m},60$ au-dessus du sol et terminés par des trémies. Une machine à vapeur met en mouvement des chapelets verticaux qui amènent le grain à des cuves de réception situées à 30 mètres au-dessus du sol, d'où il est réparti dans les divers coffres. Une autre série de chapelets reprend le grain pour le monter à des cuves d'où il coule dans les navires (Pl. 59 de M. Malézieux).

Un de ces établissements de Chicago avait des coffres pouvant contenir près de 530,000 hectolitres, et une machine à vapeur de 200 chevaux. Une heure suffit pour charger un navire de 300 tonneaux.

A Buffalo un grand magasin diffère du précédent en ce qu'un transport hozizontal est nécessaire, et il y est pourvu au moyen d'une toile sans fin.

A New-York on trouve des élévateurs flottants qui se portent entre le navire et le bateau du canal. Un chapelet plonge dans le navire et déverse le grain dans le bateau. Cette disposition a été copiée par les docks de Marseille.

Quelques prix de ces diverses opérations, transbordement ou magasinage sont donnés par M. Malézieux. « En résumé, dit-il, les procécés mis en œuvre dans les « élévateurs à grains peuvent être dispendieux. Mais en procurant une célérité « extraordinaire, ils répondent à d'impérieuses nécessités qui dérivent soit du cli- « mat, soit des exigences du commerce. »

Divers *apparaux* ont été remarqués pour le *bardage des matériaux de construction* (Pl. 61 de M. Malézieux, fig. 1 à 7).

A Cincinnati, des chèvres spéciales formées de deux montants légèrement inclinés et tenus par des haubans, étaient employées pour lever les dalles formant la façade des maisons.

Une grue à bras oblique était employée au pont de Brooklyn. Maintenue par trois contrefiches en bois formant un angle total de 120° environ, elle était munie de deux chaînes mues chacune par un treuil à vapeur. L'une d'elles élevait la charge, l'autre levait le bras de la grue, ainsi que la charge suspendue.

Un autre type de *grue* également *à bras oblique*, mais fixe, était employé aux travaux d'agrandissement du Capitole, etc. Deux cordes formant un angle soutenaient la charge et aboutissaient à deux trucs de façon à permettre tout déplacement vertical ou horizontal.

M. Rœbling avait choisi pour le pont de la rivière de l'Est un type de *grues à bras horizontal* avec chariot se déplaçant par ce bras; mais, vu la difficulté d'amarrer ces grues sur le caisson, il avait formé le projet de les remplacer par des grues équilibrées, le bras horizontal se prolongeant derrière le bras vertical et portant un contre-poids.

Des grues montées sur un ponton étaient employées au pont de Saint-Louis. Les parties supérieures des bras étaient reliées par des câbles qui permettaient, soit de prendre dans le chaland pour mettre dans le caisson, soit de déposer les matériaux sur le ponton. Ces grues étaient manœuvrées par une presse hydraulique Armstrong.

Montage des arcs du pont Saint-Louis. — Leur grande longueur, 160 mètres, et l'importance de la navigation, ne permettaient pas d'appliquer l'un quelconque des procédés connus. Le projet était d'établir sur les piles deux tours en charpente, de poser le premier des six tronçons de l'arc, et de soutenir l'extrémité éloignée de la pile par un cable passant au sommet de la tour et amarré en arrière; un deuxième tronçon serait ensuite juxtaposé, son extrémité étant soutenue de la même manière, et ainsi de suite.

Conclusions du § Ier. — « Ce qui nous a frappé d'abord, dans l'ensemble des opé-« rations de chargement et de déchargement, c'est l'extrême diversité et la simpli-« cité habituelle des procédés. Rien ne fait mieux voir combien les Américains sont « loin de confondre la fin avec le moyen. Ils commencent toujours, en cette matière, « par épuiser les ressources du bon sens.

« Mais les complications n'effrayent pas leur esprit patient et robuste; ils sont « loin de repousser le concours de la science industrielle. Leurs *coal-breakers* (cribles « à charbons) et leurs élévateurs à grains pourraient être cités dans les écoles « professionnelles comme des sujets d'étude; les masses énormes de charbons et de « grains qui se manipulent dans ces usines, en si peu de temps et d'espace, comptent « parmi les spectacles qui nous ont le plus vivement impressionné aux État-Unis. « En fait de bardage des matériaux, l'opération de levage qui se prépare à Saint-« Louis dépassera peut-être ce qu'on a vu jusqu'à présent de plus extraordinaire. »

II. NOTES DIVERSES.

I. Préparation mécanique des pierres de taille de Lemount (Illinois). — La carrière de Lemount, à 40 kilomètres sud-ouest de Chicago est exploitée par des moyens mécaniques, faute de main-d'œuvre. La pierre est entièrement taillée au moyen de scies de meules et de rabots, dont la planche 61 de M. Malézieux, donne une idée sommaire.

II. Le redwood, ou bois rouge de la Californie. — Cet arbre, sorte de pin (*Sequia semper Vivens*), ne se trouve que sur le littoral du Pacifique. Il paraît complétement inaltérable quand il est à demi enterré à la façon des traverses de chemin de fer. Le prix de telles traverses rendues au port, en France, serait d'environ 8 francs.

III. Du service télégraphique. — On estimait en 1869 à 117,591 kilomètres la longueur des lignes télégraphiques des États-Unis, comportant 211,000 kilomètres de fils, et 5,029 stations. Ces lignes sont exploitées par des Compagnies privées, mais elles s'entendent pour les prix lorsque plusieurs d'entre elles desservent les mêmes localités, de sorte que là encore, la concurrence ne profite point au public.

Une grande partie des lignes se trouve déjà fusionnée d'ailleurs entre les mains de la *Western union Company,* qui possède 84,000 kilomètres de ligne et 169,000 kilomètres de fils.

IV. Du service des incendies. — Les incendies sont très-fréquents à New-York, de jour et de nuit. Cinq tours reçoivent un guetteur en permanence pour sonner le tocsin, en outre les postes de pompes sont avertis par le télégraphe. A cet effet un grand nombre de fils sillonnent la ville, et se rendent à un bureau central ; une boîte en fonte (*alarm box*) est attachée de distance en distance aux poteaux, et la clef est déposée chez un commerçant voisin, dont le nom est sur la boîte ; un passant peut donc ainsi donner un signal qui se reproduit au bureau central, sur un tableau indicateur spécial. Du 1er décembre 1869 au 1er décembre 1870 sur 964 incendies, 308 ont été signalés par de simples citoyens, et 914 ont pu être limités à un seul bâtiment. Les pertes ont été évaluées en totalité à 10,501,606 fr., les assurances montaient à 51,671,850 francs.

V. Du service des brevets d'invention. — Le brevet d'importation n'est pas admis. Les demandes de brevet sont renvoyées à une commission spéciale ; celles qu'on admet sont inscrites sur un registre, et la durée du privilége est de 17 ans. Mais il paraît que l'affirmation d'originalité, telle que la loi l'exige, repose trop souvent sur un mensonge, et que le temps manque aux membres de la Commission pour faire une enquête convenable ; par suite ce système est très-critiqué, et il pourrait bien ne pas garder longtemps la faveur dont il a joui.

VI. L'École de West-Point et les ingénieurs du gouvernement. — Éducation professionnelle. — L'École de *West-Point*, ou Académie militaire des États-Unis a pour but principal de préparer des officiers pour l'armée. Elle comprend quatre années d'études, et reçoit habituellement 260 élèves ou cadets.

Les 37 États de l'Union peuvent envoyer chacun, deux jeunes gens désignés par les deux sénateurs de l'État, et n'ayant que des connaissances élémentaires : en revanche le progamme d'études est très-vaste. On ne fait pas de cours, les élèves étudient dans des livres, et reçoivent ensuite des explications lors des interrogatoires qui ont lieu en commun.

Les premiers des élèves qui sortent de West-Point sont admis dans le corps des ingénieurs, chargés des trois branches suivantes : les fortifications, l'amélioration des rivières et des ports, enfin les opérations topographiques. Le cadre assez restreint comprend 106 ingénieurs de tout grade. Aussi pour certains travaux, l'adjonction des ingénieurs civils est autorisée à titre temporaire.

Les projets, généralement arrêtés dans des conférences de plusieurs ingénieurs en chef, sont en outre, quand ils sont importants, soumis aux deux chambres.

L'éducation professionnelle paraît plus développée aux États-Unis qu'en Angleterre; beaucoup d'hommes se forment par la pratique pure et simple, mais les études préalables sont en grande faveur, et beaucoup d'écoles libres préparent plus ou moins explicitement à la profession d'ingénieur.

VII. De la population des États-Unis. — La population des États-Unis était de 38,558,371 en 1870, contre 31,443,321 en 1860; les blancs figurent dans le nombre total pour 33,589,377. Les Chinois se répandent dans les divers États. Les États se divisent en comtés d'une étendue uniforme.

Un tableau donne la population des 25 plus grandes villes des État-Unis, depuis New-York qui comptait, en 1870, 942,292 habitants, jusqu'à New-Haven qui en a 50,840.

Le mouvement s'est, en général, porté de la campagne vers la ville; sauf dans les États vers le Pacifique où la population a augmenté également dans les villes et dans les campagnes.

Ce chapitre se termine par la nomenclature des localités dont le chemin du Pacifique a provoqué la création ou le développement.

CONSIDÉRATIONS FINALES.

Dans ces quelques pages, l'auteur du rapport fait saisir la philosophie des travaux publics aux États-Unis, et formule l'impression générale qui lui reste de son voyage. Le génie particulier du peuple Américain y est bien mis en relief.

Deux faits purement moraux exercent une influence indiscutable. C'est d'abord une idée fixe chez les Américains, qu'ils sont appelés à conquérir, à coloniser et à exploiter la totalité de leur continent. Ensuite le désir de s'enrichir, non par l'épargne, mais par le travail et la lutte.

L'intérêt privé s'associe donc avec une ardeur fiévreuse à l'élan national pour la réalisation d'un programme défini.

L'industrie des transports apparaît dans ce nouveau monde comme une condition fondamentale et préalable de la grande œuvre. Les ingénieurs doivent surgir spontanément sur une terre pareille, mais leur tâche est rendue très-ardue par la rareté de la main-d'œuvre qui vaut plus du double de ce qu'elle est payée en France. L'argent est rare aussi parce qu'il est sollicité de toutes parts pour des placements avantageux. De là résulte la nécessité de la plus rigoureuse économie, et de laisser les fonds le moins possible improductifs.

S'agit-il d'un canal, on le construit et on l'exploite avec un mètre de tirant d'eau. S'agit-il d'un chemin de fer, on le réduit au besoin à deux rails légers sur lesquels circulent des voitures traînées par des chevaux.

M. Malézieux explique ici comment les Américains n'ont pas la témérité et l'insouciance qu'on leur attribue généralement. Le public prend son parti des conséquences d'une exploitation imparfaite, parce qu'il réfléchit, et cherche à se mettre à la place de ceux qui ont eu à concilier des droits et des intérêts également respectables.

Si les Américains n'ont pas construit le *Great-Eastern*, ni le tunnel sous la Tamise,

ils ont fait les élégants bateaux à plusieurs étages qui promènent économiquement sur les fleuves peu profonds de grandes quantités de voyageurs, et ils vont puiser l'eau à trois kilomètres de la rive, dans le lac Michigan, ou creusent des galeries souterraines pour relier les rues de Chicago.

« Sans jamais dévier de ce point de vue purement utilitaire, les Américains sont « arrivés néanmoins à donner à leurs œuvres des proportions qui étonnent. Cham- « pollion le jeune disait des monuments d'Égypte qu'ils semblent avoir été bâtis « par des géants et pour des géants; c'est bien là, en effet, l'impression qu'on « éprouve lorsqu'on franchit le seuil des palais de Karnak et de Luxor : involon- « tairement on se redresse, comme pour se hausser à la taille de ces souverains « d'un autre âge. Mais on se sent bientôt oppressé en songeant à ce qu'ont dépensé « de force musculaire des armées d'esclaves travaillant durant des siècles. Eh bien ! « cette double impression nous est plus d'une fois revenue à la mémoire sur le con- « tinent Américain. Ces ponts de 100 mètres d'ouverture tombés dans la pratique « courante, ces travées suspendues d'un demi-kilomètre de longueur, ces caissons « de 16 ares de superficie qu'on fait descendre avec une précision mathématique « à travers le sable jusqu'à plus de 30 mètres de profondeur sous l'eau, ces chemins « de fer qui s'établissent en quatre ou cinq ans sur des milliers de kilomètres à « travers les solitudes de la nature primitive, tout cela déroute les idées reçues au « sein des nations qui pourtant tiennent encore le flambeau de la science. Les Amé- « ricains semblent avoir, eux aussi, dans l'architecture des travaux publics, aban- « donné un module vieilli, et agrandi l'unité de mesure. Mais, à leur éternel hon- « neur, en relevant définitivement l'homme de son ancien rôle de bête de somme, « philosophes sans le savoir, ils ont transformé en une réalité palpable la souve- « raineté de l'esprit sur la matière.

« Tels sont les traits généraux qui nous ont paru caractériser la physionomie des « travaux publics de l'autre côté de l'Océan. S'ils dérivent en grande partie d'une « situation exceptionnelle, ils n'en constituent pas moins un foyer spécial de « lumière sur lequel, de temps à autre, l'ancien monde peut fixer utilement ses « regards. »

ANALYSE

DU RAPPORT DE MISSION DE M. MALÉZIEUX

Ingénieur en chef des ponts et chaussées

SUR LES

TRAVAUX PUBLICS AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

PARTIE RELATIVE

AUX PORTS MARITIMES

PAR M. A. **MALLET.**

Les États-Unis possèdent un littoral de 1500 lieues de développement, tant sur l'Atlantique que sur le golfe du Mexique et l'océan Pacifique; le pays est essentiellement maritime et sa marine marchande dont le tonnage atteint trois millions de tonnes, ce qui lui donne actuellement le second rang dans le monde, présenterait un chiffre encore plus élevé, sans le mal qui lui a fait la guerre de la sécession dont les traces ne sont pas effacées.

On pourrait, à première vue, s'attendre à trouver dans l'ouvrage de M. Malézieux de grands développements sur les ports américains. Il n'en est pas ainsi, et ce que nous aurons à en dire sera très-court, on le comprendra du reste facilement. La nature a tout fait pour favoriser les Américains pour leurs établissements maritimes; les côtes sont dentelées de baies profondes formant des rades que la main de l'homme n'a pas besoin de défendre; d'autre part les premiers fondateurs des grandes cités de l'Union obéissant à une nécessité absolue, à une époque où les moyens de transport autrement que par eau n'existaient pour ainsi dire pas, mais n'en suivant pas moins un principe dont les conséquences ont été fécondes en merveilleux résultats, ne manquèrent jamais d'établir ces villes à la fois à la portée de la mer pour les mettre en communication avec l'étranger par la navigation maritime, et sur de grands fleuves qui les reliassent directement avec les futurs centres de production et de consommation de l'intérieur.

Ces fleuves, sur lesquels sont établies les grandes cités commerciales, New-York sur l'Hudson, Philadelphie sur la Delaware et le Schuylkill, Baltimore sur le Patapsco, New-Orléans sur le Mississipi, constituent de véritables ports intérieurs commodes et sûrs.

Enfin, le jeu d'élévation des marées qui à New-York, par exemple, n'atteignent pas 2 mètres, rend inutile l'établissement des bassins à flot et de leur coûteux accompagnement.

Rappelons ici que les États-Unis possèdent 12 grands ports, dont 6 sur l'océan Atlantique, 2 sur le golfe du Mexique et 4 sur le Pacifique.

Le seul ouvrage bien remarquable en fait de travaux à la mer est la digue du port de défense de la Delaware, que les Américains comparent volontiers à la digue de Cherbourg, bien qu'elle n'ait que 1600 mètres de longueur et soit établie par des fonds de 11 mètres, alors que, comme on sait, la digue de Cherbourg a 3780 mètres et est fondée à 21 mètres au-dessous des hautes mers.

Mais on trouvera en revanche dans le rapport de M. Malézieux d'intéressants détails sur l'aménagement intérieur des ports américains, aménagement tout différent des nôtres, et dont les *wharfs*, estacades en charpente, se projetant normalement de quais également en charpente, et qu'accostent les navires de chaque côté, forment l'élément caractéristique. Ces wharfs, couverts de hangars et de magasins, apportent de très-grandes facilités au déchargement et au transport des marchandises, seulement ils forment des encaissements où l'eau demeure stagnante, et deviennent ainsi une cause d'insalubrité à moins que, comme à San-Francisco, on ne laisse les charpentes à jour pour éviter cet inconvénient.

Ces installations n'offrent pas évidemment le caractère de solidité et de durée qu'on est habitué à trouver dans les ouvrages des ports de mer en Angleterre et en France, mais on conçoit qu'elles doivent rendre les plus grands services dans un port comme celui de New-York qui a reçu, en 1869, 5364 navires.

Pouvant être établies rapidement et économiquement, ces installations rendraient les mêmes services dans certains de nos ports français, où le développement des quais est notoirement insuffisant, et y auraient été certainement déjà appliquées, si les ports de mer ne faisaient pas partie du domaine exclusif de l'administration des ponts et chaussées, inabordables par conséquent à l'initiative privée.

Les travaux les plus curieux que signale M. Malézieux sont l'enlèvement des roches sous-marines à Boston, à San-Francisco et à New-York. On a fait, en France, des travaux intéressants de ce genre, notamment à Brest, mais la méthode employée d'abord à San-Francisco pour le dérasement du blossom-rock, puis à New-York pour le hall-gate est, à coup sûr, la plus originale qu'on puisse employer : elle consiste à descendre sur la roche, au moyen d'un caisson étanche, à y percer un puits et à excaver la roche intérieurement en ne laissant qu'un croûte superficielle, qu'on fait sauter à la poudre. La chambre pratiquée dans le blosson-rock n'avait pas moins de 42 mètres sur 18, et $3^m,66$ de hauteur; la charge de poudre fut de 20,000 kilogrammes. Les renseignements donnés par M. Malézieux ne permettent malheureusement pas de se rendre compte du prix de revient de l'extraction du mètre cube, et, par conséquent, d'établir quelques comparaisons.

Pour les appareils de mise à sec des navires, cet important et indispensable annexe des ports, les Américains persistent dans leur préférence pour les divers systèmes de *balance-docks*, *sectional-docks*, *screm-docks*, qui sont, d'ailleurs, répandus à profusion, puisqu'il y en a une dizaine rien qu'à New-York. Nous rappellerons que les *balance-docks* et *sectional-docks* américains ont été décrits en 1867 dans les Mémoires de la Société. Les formes flottantes sont toujours en bois, il n'en a pas encore été exécuté en fer bien qu'il y en eut de projetées à l'époque du voyage de M. Malézieux.

Les formes de radoub en maçonnerie sont toujours à l'état d'exception; il convient cependant de signaler celle qui a été établie à San-Francisco et qui est de grandes dimensions : 126 mètres de longueur et 27 de largeur au couronnement. La ferme-

ture se fait par un bateau-porte, et l'épuisement peut être opéré en 2 heures à l'aide d'un moteur de 300 chevaux.

M. Malézieux donne quelques détails intéressants sur les bateaux à vapeur employés tant dans la navigation maritime que sur les fleuves; bien que notre collègue M. Badois ait, en s'occupant de la navigation intérieure, abordé cette question, on nous permettra de revenir sur ce point pour quelques observations.

Ces bateaux présentent, on le sait, des différences radicales avec les nôtres; on peut indiquer comme points caractéristiques, tout au moins de ceux qui naviguent sur les grands fleuves de l'Est, la construction très-légère de la coque toujours en bois, et rendue rigide par d'énormes fermes longitudinales en charpente, s'élevant à une grande hauteur, et auxquelles le fond du bateau est, pour ainsi dire, suspendu; les plates-formes ou *gardes* en saillie sur les côtés, permettant la circulation autour de vastes roufs somptueusement décorés; les roues invariablement à aubes fixes de 25 à 30 pieds de diamètre, et surtout l'appareil moteur d'un type qui ne paraît pas avoir jamais été exécuté en Europe.

C'est toujours une machine à condensation à cylindre unique vertical, dont la course atteint quelquefois 12 pieds (3^m,66). La tige du piston, guidée par des glissières, commande par deux bielles latérales un balancier très-court en forme de lozange, construit en fonte et consolidé par de fortes armatures en fer forgé. Le centre d'oscillation de ce balancier est supporté à une très-grande hauteur au-dessus du pont par un beffroi en charpente; la distribution de la vapeur se fait par soupapes généralement équilibrées. Ce système de machines est, d'ailleurs, employé également pour navires de mer; il figure sur la plupart des steamers qui naviguent sur le Pacifique et le golfe du Mexique, et sur plusieurs transatlantiques américains qui fréquentaient jadis le port du Havre (*Vanderbilt*, *North-Star*, etc.).

Ces types de navires et de machines n'ont, pour ainsi dire, pas varié depuis l'origine de la navigation à vapeur, comme on peut s'en rendre compte par l'ouvrage de Daniel Stevenson, *Sketch of the civil engineering of North America*, et même par celui de Hodge sur les machines à vapeur aux États-Unis, antérieur au précédent.

Par parenthèse nous ne saurions trop conseiller aux lecteurs de l'ouvrage de M. Malézieux, de prendre connaissance du voyage de l'auteur anglais, voyage effectué en 1837, ils y trouveront des sujets de comparaison très-dignes d'intérêt.

Un fait à signaler, c'est que ces bateaux que leur construction semblerait devoir confiner sur les rivières se comportent assez bien à la mer. Il en est qui font le service entre New-York et des villes éloignées même de 150 milles (250 kilomètres), telles que Providence, en effectuant un assez long trajet de mer où ils sont souvent exposés à de gros temps.

L'amour-propre national n'est certes pas étranger à la conservation fidèle et invariable de ces modèles. Néanmoins, en écartant certaines hardiesses excessives et certaines excentricités dans les détails, on est obligé de reconnaître que ces types de construction ne sont pas sans présenter de bons côtés. Aussi les a-t-on imités partiellement en Europe sous le nom de *bateaux à salon*. Ces bateaux à salon naviguent actuellement sur la Tamise, la Clyde, le Rhin, le Danube, le lac des Quatre-Cantons et le lac de Côme; on en construit un en ce moment pour le lac de Genève.

Il est assez curieux, disons-le en passant, que les ingénieurs américains qui ont produit de remarquables spécimens de navires à roues n'ont, pour ainsi dire, jamais complétement réussi jusqu'ici de navires à hélice. C'est d'autant plus singulier

qu'Ericsson, l'un des promoteurs de l'hélice, réside depuis trente-cinq ans aux États-Unis où il a toujours exercé une influence prépondérante sur la construction des machines.

Une application intéressante de la vapeur est la traversée des rivières par les *ferry-boats* ou bacs à vapeur, si répandus dans un pays où la largeur des rivières et les exigences de la navigation rendent les ponts difficiles à établir.

Tous ces bacs sont à roues, il ne paraît pas y en avoir procédant par touage sur chaîne ou câble, probablement par les raisons énoncées ci-dessus; certains de ces bacs ont des tabliers mobiles qui ont jusqu'à 15 mètres de portée. Ces tabliers sont suspendus par des chaînes, et, dans le cas d'une très-grande longueur, soulagés par des flotteurs.

Ils sont très-bien installés et ne rappellent en rien ceux qui existaient encore, en 1837, sur le Saint-Laurent à Québec, et dont les roues à aubes, d'après Stevenson, étaient mues par des bœufs faisant tourner une plate-forme mobile.

Les bacs pour porter des wagons de chemin de fer sont peu nombreux; l'interruption du service par les glaces est un inconvénient grave qui tend à les faire remplacer par des ponts fixes. Ces installations présentent, d'ailleurs, peu d'intérêt à côté de celles des chemins de fer rhénans établis par M. Hartwich, dont la description a été traduite en français par notre collègue M. de Coëne.

Les bacs porte-trains n'existent pas encore en France, bien qu'il y en ait de projetés. Les bacs à vapeur, pour passage ordinaire, n'y sont qu'à l'état d'exception. Nous rappellerons que le premier bac de ce genre fait en France est celui qui a été établi pour la traversée de la Seine à Caudebec, par un membre de la Société, M. B. Normand.

M. Malézieux termine par une critique, fort sensée à notre avis, du projet de bateaux porte-trains, à établir sur la Manche. Il est bien préférable, en effet, de s'attacher à améliorer les navires qui font la traversée du détroit, résultat qui peut être obtenu sans difficultés spéciales et à peu de frais. Il n'y a, du reste, qu'à imiter ce qui s'est fait pour le transport des malles d'Irlande, entre Holyhead et Dublin, où existe, depuis plus de douze ans, un service qui peut être considéré comme un modèle en ce genre au triple point de vue de la vitesse, de la sécurité du passage qui s'effectue absolument par tous les temps, et du confortable offert aux voyageurs; toutes conditions dont les personnes qui ont eu à traverser la Manche ont pu constater et regretter l'absence.

ANALYSE

DU

RAPPORT DE MISSION DE M. MALÉZIEUX

Ingénieur en chef des ponts et chaussées

SUR LES

TRAVAUX PUBLICS AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

PARTIE RELATIVE

AUX MINES ET TRANSPORT DES CHARBONS

PAR **M. A. BRÜLL.**

Le rapport de M. Malézieux contient quelques renseignements sur les mines et les transports de charbons de terre dans la Pensylvanie.

On trouve sur les deux versants de la chaîne des *Alleghanys* qui traverse cet État du charbon demi-bitumineux. La principale exploitation de ce charbon se fait dans les environs de *Pittsburg*, le plus grand centre industriel des États-Unis. Sur le versant de l'Est on trouve de l'anthracite, dont l'extraction annuelle de 370 tonnes seulement en 1820, s'est élevée en 1866 à 12,703,882 tonnes. On estime à 25 milliards de tonnes la quantité effective d'anthracite qui reste à extraire. L'extraction se fait en général par galeries blindées, ouvertes à flanc de coteau, et au moyen d'une machine à vapeur agissant sur un double système de wagons vides et chargés.

Dans certains cas, l'extraction se fait par puits verticaux, comme à la mine de *Koiner*, dans la vallée de *Mahanoy*. Le directeur de cette mine, un Français, du nom de *Richard Hechesher*, emploie un appareil d'épuisement, consistant en une caisse étanche surmontée d'une plate-forme, la caisse se remplissant d'eau au fond du puits, et la plate-forme recevant le wagon chargé. Le fond de la caisse est disposé de manière à s'ouvrir pour recevoir l'eau, et à se refermer quand l'appareil remonte. M. Hechesher espère beaucoup de l'emploi de ce système.

Pour réduire le charbon en morceaux de différentes grosseurs (on en compte 7 en Amérique), on emploie des appareils dits *Coal-breaker*. L'ensemble du *breaker* est renfermé dans une construction en charpente de 70 à 80 mètres de longueur, sur 20 à 25 mètres de largeur et 30 à 40 mètres de hauteur, sans fenêtres extérieures. Un plan incliné permet d'élever au sommet du bâtiment les wagons chargés venant de la mine, à moins que, dans le cas où l'extraction se fait par galeries à flanc de coteau, le charbon sortant de la mine ne se trouve déjà à un niveau suffisant. Une fois au sommet du bâtiment, le charbon tombe sur une série de glissières à claire-voie où, après avoir été débarrassé à la main des schistes, il passe par des grilles et des cribles qui opèrent automatiquement la séparation des diverses grosseurs, avec l'aide d'un courant d'eau.

Les charbons des diverses grosseurs tombent sur autant de glissières qui les conduisent jusqu'aux wagons ou caisses destinés à les recevoir sur 4 lignes de rails, une pour les schistes, deux pour les deux plus fortes grosseurs, une pour les cinq

autres grosseurs. Dans ce dernier cas, les glissières sont disposées l'une à côté de l'autre, de manière à déboucher dans autant de caisses formant un seul wagon. L'élévation du charbon au sommet du *breaker* se fait au moyen de la machine d'extraction. Une machine spéciale met en mouvement les broyeurs et les cribles du *breaker* proprement dit. Le prix d'établissement du breaker de la mine de *Cross-Creek* est de 200,000 francs, et le prix du charbon ne se trouve guère augmenté.

Les plans inclinés employés pour le transport des charbons sont de différents types. Le rapport de M. Malézieux contient la description des plans inclinés de *Mahanoy*, de *Voilkesbarre*, de *Carbondale*.

Le plan incliné de *Mahanoy* a 715 mètres de longueur. Les deux points extrêmes sont à une différence de niveau de 107 mètres. La pente moyenne est donc de 0,15, mais la pente *maxima*, au sommet, est de 0,224, le profil en long n'étant pas rectiligne, mais affectant à peu près la forme d'une chaînette. Deux voies servent, l'une pour les wagons chargés, l'autre pour les wagons vides. Sur chaque voie, entre les rails extrêmes, se trouvent deux rails intérieurs recevant un petit truck auquel s'attache le câble. Ce truck pousse les wagons pleins sur la rampe, ou retient les wagons vides sur la pente. Les poulies aux extrémités du câble présentent les dispositions ordinaires. Le câble est en fils d'acier tordus, et l'âme, faite également avec des fils d'acier, est elle-même un petit câble en miniature. A la descente, le truck de retenue, en avant des wagons descendants, disparaît en plongeant dans la galerie souterraine où se trouve la poulie horizontale de l'appareil tenseur. Les wagons vides continuent leur course par-dessus en vertu de la vitesse acquise.

L'appareil moteur est au sommet du plan, sous l'une des deux voies. Le charbon arrive à l'entrée des foyers des chaudières, et les cendres sont enlevées, au moyen de wagons et de glissières, et sans autre manipulation. Le prix de revient par tonne du transport sur ce plan incliné est de 0 fr. 263. Un même câble peut servir sans inconvénient jusqu'à ce qu'il ait remorqué deux millions de tonnes (excès du poids élevé sur le poids à descendre).

Au double plan incliné de *Voilkesbarre*, la machine est à côté de la voie, à la surface. Le truck roule sur la même voie que les wagons, jusqu'à ce qu'il arrive au bas du plan incliné, où il disparaît en descendant dans une fosse, sur une voie plus étroite. Ce passage s'effectue par l'emploi d'un système convenable d'aiguilles à ressort, et grâce à la disposition spéciale des roues du truck, dont le boudin est extérieur, et qui peuvent se rapprocher en se mouvant le long de leur axe. Le passage du truck en sens inverse, de la voie étroite à la voie large, se fait d'une façon analogue. La longueur totale des deux plans inclinés est de 4,500 mètres. La hauteur est 500 mètres. Le prix de transport est 0 fr. 035 par tonne et par kilomètre.

A *Carbondale*, il y a eu dès 1827 deux plans inclinés, sur une longueur de 7 à 8 kilomètres. En 1857 on en a porté le nombre à 6, en les raccourcissant. Aujourd'hui, il y en a 17. La longueur moyenne de chaque plan est de 366 mètres, celle des intervalles de 60 mètres. Dans ces intervalles, la voie est inclinée en sens inverse, de 10 millimètres par mètre. De cette façon, les trains arrivés au sommet de chaque plan gagnent par la seule action de la pesanteur le pied du plan incliné suivant. Une seule voie sert pour les wagons montants et descendants. On construit d'ailleurs actuellement pour ces derniers une voie de retour contournant la montagne.

Deux systèmes sont employés pour l'enroulement du câble. Dans l'ancien système, le câble ne forme pas courroie sans fin. Les deux extrémités sont fixées en deux points différents d'un tambour supérieur. Dans le nouveau système, on est revenu au principe de la courroie sans fin. Des pièces de bois, fixées obliquement sur la voie et mobiles autour de leurs extrémités extérieures, sont munies de ressorts qui permettent le passage des wagons montants, mais retiennent les wagons descendants. Les accidents qui seraient produits par la rupture du câble sont ainsi prévenus.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

SUR

L'EXPLOITATION DU CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

DE LAUSANNE A ÉCHALLENS

Par MM. **JOYANT** et **DUMONT** [1].

En faisant dernièrement une communication à la Société des Ingénieurs civils, sur la construction et l'exploitation du chemin de fer à voie étroite de Lausanne à Echallens, M. Joyant et moi avions annoncé à la Société que nous la tiendrions au courant des résultats de l'Exploitation de cette ligne.

Grâce aux documents qui nous sont adressés par M. Dantan, chef du service de la ligne en question, nous sommes aujourd'hui en mesure de tenir notre promesse :

Les recettes brutes depuis l'ouverture du chemin jusqu'au 1er août 1876 ont été les suivantes :

DÉSIGNATION.	Recettes brutes.			RECETTES kilométriques.
	Voyageurs.	Bagages et marchandises.	Total.	
			fr.	fr.
Du 1er juin au 31 décembre 1874. .	»	»	46893 00	5598 59
Du 1er janvier au 31 décembre 1875.	68976,45	9323,58	78300 03	5521 86
Du 1er janvier au 1er août 1876. . .	46718,35	6486,88	54205 23	6553 00
Total des recettes effectuées du 1er juin 1874 au 31 juillet 1876.. . . .			179398 26	

Depuis l'ouverture, les recettes ne se sont pas accrues dans une grande proportion, mais cela tient, comme nous l'avons déjà fait remarquer dans notre communication, à ce que le chemin de Lausanne à Echallens

1. Voir page 281.

n'est pas encore réuni à la gare du chemin de fer de la Suisse occidentale. Dès que cette réunion sera opérée, le trafic des marchandises, qui actuellement est assez restreint, pourra prendre toute l'importance qu'il a sur les chemins Suisses. On sait en effet que le transport des marchandises forme environ les 40 0/0 de la recette brute de ces chemins.

Actuellement, il circule sur la ligne de Lausanne à Echallens :

4 Trains par jour dans chaque sens en semaine.
1 Train supplémentaire le dimanche.

Les dépenses peuvent s'évaluer de la manière suivante :

DÉSIGNATION.	Dépenses annuelles.		TOTAL.	
	r.	c.	fr.	c.
1° ADMINISTRATION CENTRALE.				
Appointements du personnel des bureaux et comptables.	7055	40		
Loyer, frais d'éclairage, chauffage, etc., des bâtiments de l'administration centrale et divers.	856	30	17912	17
Frais d'impression et fournitures de bureau..	1320	05		
Frais judiciaires, indemnités, timbre, insertions.	8680	42		
2° SURVEILLANCE ET ENTRETIEN.				
Appointements du personnel.	4017	50		
Entretien de la voie, des ouvrages d'art et bâtiments; divers.	1738	95	6040	35
Impôt foncier, assurances contre l'incendie..	183	90		
3° SERVICE DES TRANSPORTS.				
Appointements du personnel d'exploitation...	20397	70		
Chauffage et nettoyage des bâtiments, imprimés et divers.	3691	91		
Éclairage des trains et des gares, et divers.	639	67	52903	24
Chauffage des locomotives.	11421	30		
Graissage et nettoyage du matériel roulant..	4650	45		
Frais de réparation des locomotives.	3598	93		
Frais de réparation des voitures et wagons...	8503	28		
Total général.			76855	76
Soit par kilomètre.... 5420 fr.				

Paris, 1[er] août 1876.

Paris. — Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, 6, rue des Poitevins.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(MAI ET JUIN 1876)

N° 35

Pendant ces deux mois, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Air comprimé pour la locomotion, système Mékarski* (Séances des 5 mai et 16 juin, pages 433 et 473).

2° *Entrepôt de Bercy*, par M. Quéruel (Séances des 5 et 19 mai et 2 juin, pages 437, 446 et 462).

3° *Acide stéarique et du savon en Russie* (*Fabrication de l'*), par M. Sergueeff (Séance du 5 mai, page 438).

4° *Machines d'extraction à distribution de vapeur équilibrée*, par M. Schivre (Séance du 5 mai, page 444).

5° *Tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre*, par MM. Lockert et Savy (Séances des 19 mai et 2 juin, pages 447 et 463).

6° *Quantités prétendues imaginaires de la formule* $a + b\sqrt{-1}$, par M. Desmousseaux de Givré (Séance du 19 mai, page 449).

7° *Chemin de fer à rail central*, par M. Desbrière (Séance du 19 mai, page 455).

8° *Gaz* (*Tracé des canalisations d'usines à*), par M. Georgin (Séance du 2 juin, page 464).

9° *Agglomérés de houilles à la Compagnie de Graissessac* (*Fabrication des*), par M. Savy (Séance du 2 juin, page 463).

10° *Situation financière de la Société* (Séance du 16 juin, page 472).

11° *Médailles d'or* (*Remise des*) à MM. Léger et De Cœne (Séance du 16 juin, page 474).

12° *Déformation permanente*, par M. Marché (Séance du 16 juin, page 474.

Pendant ces deux mois, la Société a reçu :

1° De M. de Branville, membre de la Société, un exemplaire de l'*Album de la Société anonyme des fonderies et ateliers de construction de Tergnier-Fargniers et des photographies des magasins de cette Société.*

2° De M. Jeanson, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire des mines et de la métallurgie.*

3° De M. Chateau, membre de la Société : 1° un exemplaire de sa *Technologie du bâtiment*; 2° un exemplaire de son *Traité des corps gras;* 3° un exemplaire de son mémoire sur les *Falsifications des alcools;* 4° un exemplaire de son ouvrage sur les *Couleurs d'aniline d'acide phénique et de nephtaline;* 5° un exemplaire de son *Étude pratique sur la fabrication de phosphate de chaux précipité;* 6° un exemplaire de sa note : *Faits pour servir à l'histoire de la nitro-benzine, considérée comme agent dissolvant;* 7° un exemplaire de ses études et analyses sur le *Tequesquite, la cire de l'Encinilla, la vase du vieux port de Marseille, les eaux d'égouts de Londres;* 8° un exemplaire de ses faits et observations pour servir à l'histoire du *Sulfure de carbone*, etc.

4° De M. Francq, ingénieur civil, un exemplaire de son mémoire sur la *Locomotive sans foyer.*

5° De M. le ministre des Travaux publics, un exemplaire des notices sur les *Modèles, cartes et dessins relatifs aux travaux des ponts et chaussées et des mines qui ont été envoyés à l'Exposition universelle de Philadelphie par le Ministère.*

6° De M. Henri Mathieu, membre de la Société, une note sur les *Voies de Triage* et le *Block-System.*

7° De M. Agudio, membre de la Société : 1° un exemplaire d'un mé-

moire sur l'application de son *Système appliqué aux rampes d'accès et à la traversée du grand tunnel des Alpes* (*chemin de fer du Saint-Gothard*); 2° un exemplaire du rapport des délégués de la Compagnie de l'Est sur le *Plan incliné de Lanslebourg à système de traction funiculaire système Agudio*.

8° De M. Desmousseaux de Givré, un mémoire sur la *Réalité des quantités prétendues imaginaires de la forme* $a + b\sqrt{-1}$.

9° De M. Chabrier (Ernest), membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur l'*Asphalte*.

10° De M. Forquenot, membre de la Société, deux exemplaires du *Compte rendu des opérations du service du matériel et de la traction du chemin de fer de Paris à Orléans, année* 1875.

11° De M. Deligny, membre de la Société, deux exemplaires de son rapport présenté au Conseil municipal au nom de la Commission spéciale de la *Navigation et des chemins de fer*.

12° De M. Sieber, membre de la Société un mémoire sur la *Relation comparée du fonctionnement, entre les trains des deux systèmes américain et européen, suivie d'une proposition de perfectionnement au dernier système*.

13° De M. Monnier, membre de la Société, un exemplaire de son *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de distribution du gaz d'éclairage et de chauffage*.

14° De M. Cotard, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur l'*Utilisation et l'aménagement des eaux*.

15° De la Société des voyages d'études autour du Monde, un exemplaire d'une notice sur le *But de cette Société*.

16° De M. Franz Kreuter, ingénieur, un exemplaire d'une notice sur *son tachéomètre*.

17° De M. Monnot, membre de la Société, un exemplaire d'une relation sur une *Excursion dans les Abruzzes en* 1875.

18° De M. Colladon, membre de la Société, des exemplaires de sa note sur les *Travaux mécaniques, pour le percement du tunnel du Gothard*, et un exemplaire du mémoire de M. Kauffmann sur le *Percement du Gothard*.

19° Du *Bulletin officiel de la Marine*, les numéros du premier semestre de l'année 1876.

20° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros de mars et avril 1876.

21° *Annales industrielles*, les numéros de mars et avril 1876.

22° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de janvier et février 1876.

23° Des *Annales des mines*, le numéro de la 1re livraison de 1876.

24° Des *Annales du Génie civil*, les numéros de mars et avril 1876.

25° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros de janvier et février 1876.

26° Des *Annales de la construction* (*Nouvelles*), les numéros de mars et avril 1876.

27° Des *Annales des chemins vicinaux*, les numéros de mars et avril 1876.

28° De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France*, le numéro de son Bulletin.

29° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, le numéro 39 de son bulletin.

30° *De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de mars et avril de son bulletin de l'année 1876.

31° Du *Comité des forges de France*, les numéros 111 et 112 du bulletin.

32° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros de mai et juin 1876.

33° Du *Courrier municipal* (journal), les numéros de mars et avril 1876.

34° De l'*Encyclopédie d'architecture*, les numéros de mars et avril 1876.

35° De l'*Economiste* (journal), les numéros de mars 1876.

36° De l'*Engineering*, les numéros de mai et juin 1876.

37° De la *Gazette des Architectes*, les numéros de mars et avril 1876.

38° De la *Gazette du Village*, le numéro de avril et mai 1876.

39° *Iron* journal *of science, metals et manufacture*, les numéros de janvier et février de l'année 1876.

40° De l'*Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs *Minutes of Proceedings* de 1875 et 1876.

41° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, les numéros du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

42° De l'*Institution of Mining Engineers americans*, les numéros de leurs *Transactions*.

43° Du *Journal d'Agriculture pratique*, les numéros de mai et juin 1876.

44° Du *Journal des Chemins de fer*, les numéros de mai et juin 1876.

45° Du *Journal de l'Éclairage au gaz*, les numéros de mai et juin 1876.

46° Du journal *of the American Society of Civils Engineers*, les numéros de mars et avril 1876.

47° De *la Houille* (journal), les numéros de mai et juin 1876.

48° *A Magyar Mérnök-Egyesület Közlonye*, les numéros de janvier et février 1876.

49° Du *Musée Royal de l'industrie de Belgique*, les numéros de mars et avril 1876 de son bulletin.

50° Du *Moniteur des chemins de fer* (journal), les numéros de mai et juin 1876.

51° Du *Moniteur industriel belge*, les numéros de mai et juin de l'année 1876.

52° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros de mars et avril 1876.

53° Du *Moniteur des travaux publics* (journal), les numéros de mai et juin 1876.

54° De l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (journal), le numéro 3 de 1876.

55° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros de mai et juin 1876.

56° De la *Revue d'architecture*, les numéros 3 et 4 de l'année 1876.

57° De la *Revista de obras publicas*, les numéros de mars et avril 1876.

58° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros de mai et juin 1876.

59° De la *Revue horticole*, les numéros de mai et juin 1876.

60° De la Revue *les Mondes*, les numéros de mai et juin 1876.

61° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du premier trimestre 1876.

62° *De la Société de Physique*, les numéros de son bulletin du premier trimestre de l'année 1876.

63° De la *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs *Transactions* pour l'année 1875 et 1876.

64° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de novembre et décembre 1874.

65° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros de janvier et février 1876 de son bulletin.

66° De la *Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens*, les numéros du premier trimestre de 1876, de leur *Revue périodique*.

67° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

68° De la *Société d'encouragement*, les numéros de mai et juin 1876 de son bulletin.

69° De la *Société de géographie*, les numéros de mai et juin 1876 de son bulletin.

70° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, les numéros de juillet, août et septembre 1875 de son bulletin.

71° De la *Société des Ingénieurs portugais*, les numéros du premier trimestre 1876 de son bulletin.

72° *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

73° De la *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le premier numéro de son bulletin de 1876.

74° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin de mars et avril 1876.

75° De la *Société scientifique industrielle de Marseille*, le numéro du premier trimestre de 1876 de son bulletin.

76° De la *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 3 et 4 de 1876 de son bulletin.

77° De la *Société des Arts d'Edimburgh*, le deuxième numéro de 1875 de son bulletin.

78° De la *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome XXI de la quatrième série de son bulletin.

79° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, son bulletin du quatrième trimestre de 1875.

80° De la *Société industrielle de Rouen*, le numéro du premier trimestre de l'année 1876 de son bulletin.

81° De la *Semaine financière* (journal), les numéros de mai et juin 1876.

82° *Sucrerie indigène* (*La*), par M. Tardieu, les numéros de mars et avril 1876.

83° Du *The Engineer* (journal), les numéros de mai et juin 1876.

84° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois de mai :

MM. Capelle, présenté par MM. Bulot, Normand et Pérignon.
Conzette, présenté par MM. Chabrier, Daguin et Périssé.
Cuyper (de), présenté par MM. Chabrier, Jordan et Ronna.
Delettrez, présenté par MM. Badois, Rey et Rubin.
Du Roy de Blicquy, présenté par MM. Lecherf, Spée et Vellut.
Jouvet, présenté par MM. Bulot, Normand et Pérignon.
Jourdan, présenté par MM. Baudet, Fellot et Savalle.
Sépulchre, présenté par MM. Jordan, Muller et Périssé.

Au mois de juin.

MM. Arbel, présenté par MM. Jeantaud, Lainé et Tresca (Henri).
Chateau, présenté par MM. Desnos, Fichet et Péligot.
Forquenot, présenté par MM. Forquenot, Chabrier et Marché.

Comme Membres Associés :

MM. Dietz-Monnin, présenté par MM. Jeantaud, Lainé et Tresca (Henri).
Pellegrin, présenté par MM. Bonneville, Levassor et Régnard.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIIE BULLETIN DE L'ANNÉE 1876

Séance du 5 Mai 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 avril est adopté après l'observation suivante, faite par M. Hamers.

M. Hamers rappelle que, dans la discussion sur l'emploi de l'air comprimé, s'il a été amené à faire observer qu'il faut dépenser deux fois du calorique, une première fois pour comprimer l'air et une seconde fois pour le réchauffer, il a aussi fait remarquer qu'en pratique, cette seconde dépense était très-faible. Il demande donc que dans la réponse faite à ses observations, à la dernière séance, par M. Mékarski, il soit constaté qu'il avait signalé lui-même le peu d'importance pratique de la seconde dépense de calorique.

Il est donné lecture de la lettre suivante, adressée par M. Mallet au sujet de la discussion qui a eu lieu dans la dernière séance, sur la machine Mékarski.

« Monsieur le Président,

« En lisant le Compte rendu de la séance du 21 avril, je remarque dans les observations de M. Mékarski un argument qui ne m'avait pas frappé sur le moment et que d'ailleurs l'heure très-avancée ne m'eût pas permis de relever séance tenante.

« Étant dans l'impossibilité d'assister à la séance d'aujourd'hui et craignant même de ne pouvoir venir à quelques-unes des suivantes, je vous demande, Monsieur le Président, de vouloir bien m'autoriser à présenter par écrit une observation importante, qui se relie de la manière la plus intime à celles que j'ai données dans la dernière séance.

« En réponse à ce que j'avais avancé sur les perfectionnements à apporter



aux machines à vapeur pour tramways, « M. Mékarski a fait observer qu'on « ne peut tirer de ce qui a été dit à ce sujet par M. Mallet, rien qui puisse « modifier les bases de comparaison entre son système et les machines à « vapeur, car si la disposition *Compound*, appliquée à celles-ci doit avoir « pour effet de réduire sensiblement la dépense de vapeur, elle pourra évi- « demment aussi être employée sur les machines à air comprimé pour ob- « tenir un résultat correspondant. »

« Je diffère totalement ici d'opinion avec M. Mékarski, car sa conclusion semble méconnaître absolument le véritable principe de la machine Compound.

« Ici quelques explications sont nécessaires.

« Le fonctionnement qu'on appelle Compound, faute d'un équivalent précis en français, c'est-à-dire l'action du même fluide moteur, successivement sur plusieurs pistons, amène pour les machines à vapeur divers avantages ; les uns, de l'ordre *mécanique*, consistent dans la régularisation des efforts sur les pistons et les mécanismes, dans la réduction des pressions sur les organes et dans une certaine amélioration des conditions de la distribution, le premier cylindre jouant, dans ce cas, le rôle d'un véritable organe de détente ; le premier avantage est réel, mais il ne se rattache que très-indirectement à la question d'économie ; quant au dernier, il ne faut pas s'en exagérer l'importance, puisqu'il est formellement contesté par beaucoup d'ingénieurs de chemins de fer, qui considèrent la distribution par la coulisse, comme donnant de bons résultats même avec des introductions très-réduites. C'est la réponse qui m'a presque toujours été donnée dans les nombreuses démarches que j'ai faites, pour arriver à l'application du système *Compound* dans les machines locomotives ; en tout cas, cet avantage est au moins en partie balancé par la perte inévitable, due au passage de la vapeur d'un cylindre à l'autre.

« La machine *Compound* n'aurait donc aucune supériorité économique, sans son action *physique* consistant surtout dans la réduction des condensations sur les *parois intérieures* dues à ce qu'on appelle le *refroidissement par le condenseur* (le mot condenseur, désignant ici soit un condenseur véritable, soit l'atmosphère), refroidissement produit par la revaporisation aux dépens du calorique des parois, de l'eau condensée pendant l'introduction, et qui détermine, dans les grandes détentes, ce que M. Leloutre a si énergiquement appelé des *averses d'eau* dans l'intérieur des cylindres, de sorte que les surfaces intérieures de ceux-ci, déterminent un échange continuel et en pure perte de calorique entre la chaudière et le condenseur.

« Voilà le véritable rôle du système Compound et il est facile de s'assurer que la machine à air comprimé *pure*, n'a rien à voir dans ce mode d'action ; elle ne peut donc en retirer que des avantages de l'ordre *mécanique*, c'est-à-dire à peu près insignifiants au point de vue économique. Le refroidissement d'un tout autre ordre qui est la conséquence du travail même de la détente, et qui se manifeste, dans les machines à air par l'abaissement de température, dans les machines à vapeur par la condensation *dans la masse*,

ne dépend que de la valeur absolue de l'expansion et nullement de la détente dans un ou dans deux cylindres.

« Il est vrai, que la machine de M. Mékarski n'est pas une machine à air comprimé pure et que, dès lors, les choses se passent moins simplement. Il n'en est pas moins vrai que, en tenant compte, bien entendu, de certaines facilités pour la variation de la puissance, l'emploi du système *Compound*, dans la machine de notre collègue, ne peut avoir pour but, que d'augmenter l'expansion ; il augmentera donc nécessairement le refroidissement par la détente auquel le système *Compound* ne peut rien et qui sera absolument le même, que si l'expansion se faisait dans un seul cylindre ; on sera donc conduit fatalement à augmenter notablement la quantité de vapeur dans le mélange ; alors, j'en conviens, l'influence bienfaisante du système *Compound* pourra se faire sentir de plus en plus. Mais, ne l'oublions pas, le jour où M. Mékarski, au lieu d'un cinquième de vapeur, arrivera à en employer le tiers par exemple, ou même dépassera cette proportion, sa machine ne sera-t-elle pas alors une machine moitié à air comprimé et moitié à eau chaude, et quel devrait être l'embarras de notre honorable collègue, si les inconvénients de la machine à eau chaude étaient aussi réels qu'il veut bien le dire actuellement.

« Il était, je crois, indispensable de rétablir la véritable portée du système *Compound*, qui ne peut présenter d'avantages sérieux pour la machine à air comprimé, qu'à la condition que celle-ci se rapproche de plus en plus d'une machine à eau chaude, et je n'hésite pas à maintenir que les résultats à attendre du fonctionnement en cylindres successifs, doivent être inscrits en entier à l'actif de la machine à vapeur.

« Vous avez, Monsieur le Président, parfaitement résumé les débats qui viennent d'avoir lieu, en renvoyant les parties devant l'expérience, qui jugera en dernier ressort. Il semble en effet, que la discussion sur les mérites comparés de la machine à vapeur et de la machine à air comprimé, est désormais sans issue. M. Mékarski, profitant d'une situation que ses remarquables travaux lui ont créée, et que je suis heureux de constater tout le premier, entend se maintenir sur un terrain légitime, j'en conviens, mais assurément fort étroit. Il se refuse à tenir compte de l'amélioration possible, facile même selon moi, qu'un avenir très-rapproché réserve aux machines à vapeur des tramways : « On doit lui accorder, dit-il, que l'on ne peut pré-« juger cette question, et qu'il est équitable de n'établir de parallèle qu'entre « des appareils existants et fonctionnant dans des conditions également « connues. »

« Il m'est impossible de ne pas voir dans la situation actuelle des tramways, une analogie frappante avec la situation des chemins de fer en 1829.

« A cette époque, la locomotive était dans l'enfance et généralement regardée de travers, même par des ingénieurs éminents ; le bill pour le chemin de fer de Newcastle à Carlisle, n'avait passé qu'à la condition expresse qu'on n'y emploierait que des chevaux et pas de locomotives ; les plus hardis émettaient le vœu, qu'en sanctionnant tout chemin de fer, le Parle-

ment limitât du moins la vitesse des locomotives, si on devait en employer, à 12 ou 15 kilomètres à l'heure, la plus grande que l'on pût risquer sans danger.

« Lorsque la construction du chemin de fer de Liverpool à Manchester fut décidée, on n'était pas fixé sur le moteur à employer; les ingénieurs Walker et Rastrick, chargés de faire un rapport sur la question, après avoir bien examiné toutes les locomotives alors existantes, concluaient que le transport par machines fixes, devait coûter bien meilleur marché que par locomotives, et proposaient en conséquence, de diviser le chemin en dix-neuf sections, et d'établir pour les desservir, vingt-et-une machines fixes, d'une puissance nominale de 1,250 chevaux.

« Dans ce moment même, où l'avenir de la locomotive semblait si compromis, Georges Stephenson, plein de confiance dans la machine dont il connaissait si bien les ressources, déclarait hautement, que peu d'années s'écouleraient, avant que les chemins de fer à locomotives, ne devinssent *les grandes routes du monde*[1].

« Heureusement, un des directeurs, Harrison, dont le nom doit être conservé, proposa d'ouvrir un concours, pour constater s'il ne serait pas possible de faire une locomotive, pouvant réaliser les conditions requises; la récompense devait être de 500 livres sterling.

« On sait ce qui arriva. A la date mémorable du 6 octobre 1829, sur le champ de bataille pacifique de Rainhill, on vit pour la première fois des locomotives se mouvoir à la vitesse inattendue de 45 kilomètres à l'heure, et non-seulement la *Rocket* remplit les conditions du programme et remporta le prix, mais encore la *Novelty* d'Ericsson (devenu célèbre depuis), montra des qualités remarquables; on sait qu'une des particularités essentielles de cette machine, était l'emploi d'un ventilateur pour le tirage; des accidents successifs, dus à des défauts matériels, provenant sans doute d'une construction trop hâtive, mirent cette machine hors de concours, et arrêtèrent les recherches dans une voie qui eût pu être féconde.

« Dès lors, il ne fut plus question de machines fixes, et on peut dire que, du concours de Rainhill, datent non-seulement les locomotives, mais même véritablement les chemins de fer.

« Si je me suis permis de rappeler ces faits bien connus, c'est parce qu'ils me semblent indiquer une solution toute naturelle de la question qui nous occupe. On paraît être à peu près d'accord sur l'avantage qu'il y aurait à remplacer la traction animale par des machines; reste le choix du système pour ces dernières. Que les Compagnies de tramways, intéressées dans cette question, s'entendent pour ouvrir un concours pour la meilleure machine; qu'elles donnent un programme et stimulent les concurrents par l'offre d'un prix convenable; dans ces conditions, les ingénieurs et les constructeurs qui se sont tenus jusqu'ici à l'écart, se mettront résolûment à l'œuvre, et il n'est pas douteux qu'à un demi-siècle de distance de la première, une

1. Smiles, *Life of Stephensons*.

nouvelle *Rocket* ne vienne démontrer une fois de plus la supériorité de la machine à vapeur.

« Il me semble que la Société des Ingénieurs civils, en donnant son patronage et sa publicité à un concours non officiel, et qui émaneraient uniquement de l'initiative privée, sur un sujet qui rentre si bien dans ses études favorites, ferait beaucoup pour en assurer le succès.

« Veuillez agréer, etc., etc. »

M. Arson dit qu'il ne partage pas l'opinion exprimée dans sa lettre par M. Mallet, sur le peu d'efficacité de l'emploi de la disposition « Compound » dans les machines à air comprimé. En effet, on reproche à la machine de M. Mékarski, de n'utiliser, qu'à une faible pression relative, l'air qui a été d'abord comprimé à une pression très-élevée, puis détendu ensuite avant son admission dans les cylindres. La nécessité de cette détente préalable est due à l'impossibilité pratique de détendre beaucoup dans un même cylindre et M. Arson pense qu'en employant la disposition « Compound » on tirerait un meilleur parti de l'air comprimé, puisqu'on pourrait détendre beaucoup moins avant l'admission dans les cylindres.

M. le Président rappelle que la discussion sur l'emploi de l'air comprimé reste à l'ordre du jour et que toute communication sur ce sujet sera reçue avec intérêt par la Société.

M. Quéruel a la parole, pour une communication sur l'entrepôt de Bercy.

Il commence par revendiquer les magasins publics, comme étant du domaine de l'ingénieur, en faisant ressortir que ce genre d'édifices relevait plus de la science que de l'art. C'est ce motif, qui a engagé M. Quéruel à porter cette question devant la Société des Ingénieurs civils.

On sait que le commerce en gros tend toujours à se centraliser sur le point où il montre le plus d'activité, et que cette loi commerciale, s'il est permis d'employer cette expression, tend de plus en plus à manifester ses effets. Dans le but de répondre à cette nécessité, la ville a fait étudier trois projets, dans lesquels l'entrepôt Saint-Bernard devait être réuni à celui de Bercy.

La moyenne de dépense d'exécution de ces trois projets est de 60 millions.

Cette dépense exorbitante ne pouvant être admise, la ville, sous des prétextes inadmisibles, donnés sans doute pour masquer l'insuffisance de ses conceptions, renonce à la réunion des deux entrepôts, et propose à l'adoption un quatrième projet, portant le n° 2 *ter*, dont l'exécution exigerait une dépense de 47 millions.

L'entrepôt serait établi dans le rectangle compris entre la Seine, le boulevard de Bercy, la rue de Bercy et la rue Nicolaï, dont la surface est de 41 hectares 30 centiares.

Cet espace serait partagé en trois parties par deux rues perpendiculaires à la Seine, dont l'une d'elles serait en prolongement d'un pont, destiné à

relier les deux rives du fleuve, et mettre en communication l'entrepôt avec la gare d'Orléans.

Les magasins, disposés par groupes perpendiculaires au quai, seraient à double étage, et pour desservir l'étage supérieur, une viabilité ferrée serait établie sur arcades.

La superficie couverte, serait de 19 hectares, soit 5 hectares de plus que l'ensemble de Bercy actuel. La contenance resterait ce qu'elle est aujourd'hui, c'est-à-dire 7 hect. de vin, ou 3 hect. d'alcool, par mètre carré.

Le prix de location serait élevé à 12 francs le mètre carré, de 8 francs qu'il est actuellement : ce qui remettrait à 17 fr. 14 de loyer annuel pour une tonne de vin et à 50 francs pour une tonne d'alcool.

Ces prix dispenseraient de toute critique, si la disposition des magasins, mal comprise au point de vue de la manutention et la double viabilité ne venaient encore condamner un projet qui ne répond pas plus aux besoins du commerce, qu'il ne satisfait aux questions économiques. Les établissements publics ne doivent pas être créés uniquement en vue du présent, ils doivent envisager l'avenir et considérer, que les générations qui nous succéderont ne se contenteront pas de magasins dont l'usage serait onéreux, et peu propres à recevoir des améliorations.

M. Quéruel espère que le conseil municipal prendra le temps nécessaire pour étudier cette grave question ; et qu'en présence de l'insuffisance du projet de l'administration, il fera pour l'entrepôt de Bercy ce qu'il a fait pour l'Hôtel de Ville de Paris : il ouvrira un concours public.

M. le Président, fait connaître qu'à l'entrepôt Saint-Bernard, il existe un étage de caves destinées exclusivement à l'emmagasinement des eaux-de-vie. Ces caves communiquent directement avec la Seine, ce qui permet en cas d'incendie dans cette partie de l'entrepôt, de faire écouler dans le fleuve les liquides enflammés, et d'empêcher ainsi la propagation du feu. Cette disposition présente des avantages sérieux et M. le Président pense qu'on pourrait l'adopter avec profit, en l'améliorant, à l'entrepôt projeté de Bercy.

M. le Président remercie M. Quéruel de sa communication.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Sergueeff, sur la fabrication de l'acide stéarique et du savon en Russie.

Les modes de fabrication de l'acide stéarique, dans les différents pays, dépendent des conditions du marché, des débouchés et du choix des matières premières.

Parmi un grand nombre de procédés, quelques-uns essayés et abandonnés, il n'est resté dans la pratique que les suivants :

1° Saponification calcaire à air libre ;
2° Saponification calcaire à haute pression ;
3° Saponification aqueuse à haute pression ;
4° Saponification sulfurique ou acidification ;

Nous passerons rapidement en revue ces 4 procédés, les conditions dans

lesquelles ils sont employés, les inconvénients et les avantages qui en résultent.

Saponification calcaire à air libre. — C'est le procédé le plus ancien et le plus simple, il consiste à saponifier les matières grasses, avec 14 pour 100 de son poids de chaux, de former un savon calcaire et de le décomposer par l'acide sulfurique. Les produits obtenus sont beaux, mais le rendement est faible.

Saponification calcaire à haute pression. — M. de Milly, après de nombreux essais est parvenu à réduire la proportion de chaux de 14 à 3 pour 100. L'opération s'exécute dans une chaudière verticale, appelée « autoclave ». La réaction est facilitée par une élévation de température à 172°, correspondant à 8 atmosphères de pression.

Ce procédé est appelé à un grand avenir, car en supprimant les inconvénients de la saponification calcaire à air libre, il en conserve les avantages.

On combine en ce moment ce procédé, avec celui dit saponification sulfurique.

Saponification aqueuse à haute pression. — La décomposition de la matière grasse, s'exécute dans une chaudière horizontale, sous l'action de la vapeur à 12 atmosphères. Ce procédé essayé chez M. Renner l'inventeur, chez M. Brisson à Asnières, Porrits fils à Elbeuf, a été abandonné à cause de son faible rendement.

Saponification sulfurique. — C'est le procédé généralement employé en Russie, il consiste à décomposer la matière grasse, par 4 par 100 de son poids d'acide sulfurique à 66° Baumé et de soumettre les produits à la distillation.

Les appareils de distillation usités en Russie, sont bien différents de ceux employés en France. Ils sont très-compliqués et fort coûteux, d'un entretien dispendieux. Les appareils français remplissant le même but sont mieux compris.

Les acides gras sortant de l'appareil de distillation sont soumis à plusieurs lavages, moulés, enfin pressés dans des presses hydrauliques. Les presses, ainsi que tout le matériel, sont fournies par des maisons anglaises et allemandes.

Les machines anglaises employées presque exclusivement en Russie sont solidement construites; elles sont lourdes, mais ne craignent pas le contact de la main un peu brutale de l'ouvrier russe. On monte en ce moment un très-grand nombre de fabriques en Russie, l'installation est confiée aux anglais qui, presque seuls, sont demandés comme directeurs, contremaîtres ou mécaniciens.

L'acide oléique sortant des presses verticales, est clarifié, mis en tonneaux et son prix est de 64 francs les 100 kilos.

L'acide stéarique est coulé en bougie.

Les machines à mouler la bougie, à Pétersbourg, sont fournies par M. Wunchman, de Leipsig, et Morgan, de Manchester.

La machine se compose de 100 moules, se démoulant à la fois en poussant les bougies par en bas. Le réchauffage et le refroidissement se font à eau.

Les prix de vente de la bougie sont :

Bougie extra, double pression.	350 fr. les 100 kil.
Bougie stéarique.	191 fr. »
Bougie dite de palme.	136 fr. »

Les 3 usines qui se trouvent dans le nord de la Russie sont :

Usine de Newsky à Pétersbourg.
Usine de A. Heimburger à Pétersbourg.
Usine de Viborg en Finlande.

M. Sergueeff expose la situation du commerce de la bougie en Russie, la concurrence qu'elle a à vaincre avec le pétrole.

Le tableau page 154 est dressé en vue de comparer le pouvoir éclairant des bougies de différentes provenances, avec l'unité photométrique, qui est la lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile à l'heure. Ce tableau indique que la dépense des bougies est de 10 grammes à l'heure, et que, pour remplacer une lampe Carcel, il faut 7 à 8 bougies.

M. Sergueeff décrit le dernier sous-produit du suif, qui est la glycérine. Il indique ses emplois, qui tendent de jour en jour à se multiplier, sa fabrication, les réactifs qui déterminent sa pureté.

Commerce du suif. — Le suif arrive à Pétersbourg de la Sibérie, de l'Ukraine, à partir du mois d'août jusqu'au moment des gelées, presque exclusivement par canaux.

La qualité du suif est en raison de sa pureté et de son point de fusion.

Le degré de fusion du suif d'Ukraine, est de 35° R. Celui du suif de Paris crétonne est 33° et demi.

M. Sergueeff décrit l'organisation d'une corporation spéciale, nommée Artel, qui fournit au commerce et à l'industrie des garçons de recette et des livreurs.

Combustion et main-d'œuvre. — Le combustible est le bois résineux, pin et sapin, vendu en raison :

Stère (375 kilos).	6 fr. 10
Tonne	16 fr. 40

Le prix de la main-d'œuvre est :

Femme par mois (22 à 24 jours de travail).	27 fr.
Manœuvre.	40 fr.
Ouvriers d'état.	85 à 100 fr.

Les ouvriers russes ont des mœurs douces et paisibles. Les tentatives faites dans d'autres pays, pour l'établissement de cités ouvrières, auraient plein succès en Russie, favorisées par le caractère essentiellement sociable de la classe ouvrière : en effet, dans des usines un peu importantes, le pro-

priétaire leur abandonne une maison garnie de lits de camp et pourvue d'un four à pain. Ils se constituent en Société, élisent un président qu'ils appellent *l'ancien*, lequel est chargé de toute l'administration, achats en gros des comestibles, gérance des deniers de la communauté; il présente ses comptes chaque mois et son administration est contrôlée par deux délégués.

L'ouvrier russe est sobre, mange peu de viande et se nourrit presque exclusivement de gruau, de pain noir, de choux, si bien que sa dépense monte, blanchissage compris, de 15 à 16 francs par mois. Il conserve un peu d'argent pour son habillement et son bain de chaque semaine, et envoie à sa famille 15 à 17 francs.

On rencontre, dans les villages, une organisation analogue, à celle des usines; *l'ancien*, élu par la commune, a une grande autorité; c'est lui qui délivre les passe-ports, choisit les hommes pour la conscription, et il suffit d'une plainte déposée par le chef de famille, pour que *l'ancien* prenne les mesures nécessaires pour faire revenir au pays l'ouvrier qui a négligé d'envoyer de l'argent à ses parents, soit pour payer les impôts, soit pour l'entretien de la famille.

Il résulte de cette autorité un peu dictatoriale, il est vrai, quelquefois des abus, mais cette institution moralise l'ouvrier, et l'empêche de se perdre dans les grands centres.

Savon. — Les savonneries sont souvent liées à la stéarinerie, pour utiliser l'acide oléique. Si M. Sergueeff a décrit le procédé de l'acidification, c'est que les traités en disent fort peu de choses et l'ingénieur appelé à se mettre au courant de la stéarinerie peut trouver, dans cette notice, quelques renseignements pratiques. Les fabriques de savon sont les plus anciennes et les renseignements plus nombreux. Les méthodes pratiquées en Russie sont différentes de celles employées en France.

Il y a dix ans, en Russie, on ne fabriquait que des savons blancs et jaunes, de suif, de résine et de coco. Comme ces savons étaient faits sur lessive mère, l'eau d'empâtage restait dans la masse. Le rendement était considérable et la porte grande ouverte à la fraude.

Le consommateur, croyant acheter du savon, avait 50 pour 100 d'eau, au prix de ce premier. M. A. Heimburger voyant cet état de choses, et après avoir longuement étudié la savonnerie en France et en Allemagne, a fabriqué le premier des savons marbrés, de suif et de coco, façon de Marseille. Depuis, on ne voit dans l'économie domestique, que des savons marbrés. La concurrence a fait baisser les prix de 22 francs les 100 kilos et les fabricants, pour racheter leur bénéfice enlevé, fraudent le savon. Ne pouvant pas introduire plus de 30 pour 100 d'eau dans le savon marbré, ils introduisent près de 10 pour 100 de silicate de potasse.

Le rendement de ce nouveau procédé, est de 280 pour 100, et le bénéfice net, par 100 kilog, est de 11 fr. 25.

M. Sergueeff établit une comparaison entre la fabrication du savon hollandais mou et celui fabriqué en Russie.

L'impôt dont la loi hollandaise frappe les savons à la fabrication, contribue au maintien de la bonne qualité. La loi exige que 100 parties de savon soient composées de 42 parties d'huile, avec une tolérance de 5 pour 100 sous peine d'une amende de 200 francs.

La composition d'un savon hollandais est :

Acides gras	42
Alcali	9
Eau et sel neutre	49
Total	100

Le rendement, résine comprise, est 238 pour 100.

Les savons fabriqués en Allemagne, en Belgique et en Russie, rapportent beaucoup plus; le rendement n'est plus contrôlé par l'État; en Russie, grâce à la fraude avec le silicate de potasse, il est poussé jusqu'à 260 et 300 pour 100.

En France, on n'est pas beaucoup plus scrupuleux, on mélange au savon mou 5 pour 100 de fécule, et comme cette farine exige un égal poids d'eau et de lessive, le rendement se trouve augmenté de 15 pour 100 sur la masse savon.

Le tableau ci-dessous montre le prix de revient, le prix de vente et le bénéfice net du fabricant russe.

DÉSIGNATION.	Rendement.	Prix de revient PAR 100 KIL.	Prix de vente.	Bénéfice PAR 100.
	0/0	fr.	fr.	fr.
Savon mou d'acide oléique....	260	44 10	66 15	22.05
Savon jaune de résine[1].......	160	60 67	75 60	14.93
Savon blanc de coco.........	300	49 35	66 15	16 80
Savon d'acide oléique et suif[1]..	150	73 50	84 00	19.50
Savon noir de goudron.......	200	105 00	126 00	21.00
Savon marbré de suif........	280	55 93	67 20	11.27
Savon mou d'huile de chanvre.	260	41 40	67 20	25.80

1. Savons fabriqués par la séparation et l'épinage.

M. Goschler demande quelques renseignements sur la fabrication d'un produit récemment mis dans le commerce, sous le nom de margarine.

M. Sergueeff répond que le produit connu sous le nom de Margarine sert à la falsification du beurre; il est tiré directement du suif en faisant la séparation de la stéarine et de l'oléine, c'est-à-dire la séparation de la partie concrète de la partie liquide.

Le premier essai fait sur cette séparation date de 1842 par M. E.-P. Bauve qui procédait de la façon suivante :

Les suifs ou graisses dont on veut extraire la partie la plus fluide, sont fondus à feu nu ou à la vapeur sèche et chauffés à environ 80 degrés centigrades, puis on les fait réfroidir très-lentement. Quand la matière est re-

froidie convenablement, ce qu'on peut reconnaître en voyant la division qui s'est opérée, et que la partie fluide reste mélangée sans faire corps avec la partie figée sous forme de petits globules, alors, pour obtenir la séparation, on soumet le mélange à une pression hydraulique dans des sacs de laine. La partie fluide (l'oléine) s'écoule, et la stéarine et la Margarine restent dans les sacs.

Les fabricants du pseudo-beurre, qui déguisent leur produit sous le nom de Margarine, livrent au commerce de l'oléine, et procèdent, pour le fabriquer, de la même façon que M. E.-P. Bauve a décrite dans un brevet pris en 1842.

Ce produit n'a rien de commun avec le beurre, ni comme saveur, ni comme composition chimique; comme saveur, tous ceux qui ont goûté ce produit savent qu'il ne rappelle en aucune façon le beurre d'Isigny ou de la Prévalaye.

La composition chimique du beurre, d'après M. Heintz, est de neuf corps gras neutres :

Oléine, Butyrine, Caproïne, Capryline, Myrestine, Palmitine, Stéarine, Butine.

D'après un autre chimiste le beurre est composé de :

Margarine.	68 pour 100.
Oléobutyrine.	32 pour 100.
Butyrine.	
Caprine.	
Caproïne.	

Les fabricants du produit en question, après avoir séparé la partie concrète de l'oléine, vendent le mélange de stéarine et Margarine, dont le point de fusion est de 46°, aux fabricants de bougie qui s'en servent pour mélanger ces corps gras neutres à la bougie de qualité inférieure, bougie qui passe pour stéarique et qui n'est, à vrai dire, qu'un mélange de cette dernière matière à du suif pressé. L'oléine, la partie liquide, est soumise à une série d'opérations qui la débarrassent des acides gras en liberté et qui la purifient. Ce produit est coloré avec :

1° Suc de fleurs de souci;
2° Décoction de rocou;
3° Jus de carottes;
4° Infusion de safran.

On livre ce faux beurre au commerce mélangé en proportion plus ou moins grande avec du beurre de vache.

Le nom de Margarine, donné à ce produit est d'autant plus irrationnel que la Margarine est un produit dont la préparation présente des difficultés presque insurmontables.

A l'état de pureté elle est fusible à 49°. Dans les laboratoires on l'extrait de l'huile d'olive ou de la graisse d'homme. Dans le suif elle est mélangée

à la stéarine dont le degré de fusion est 45°, et avec laquelle elle présente beaucoup d'analogie.

M. Arson demande comment on confectionne les mèches de bougies en Russie, et il appelle l'attention spécialement sur deux points : la torsion de la mèche et l'inégale tension des fils qui la composent. L'inégale tension des fils, a pour effet de faire couler le bout de la mèche en dehors de la flamme, afin d'éviter la production de la fumée, et la torsion a pour but de faire tourner la mèche pendant la combustion pour éviter la coulée de bougie fondue, qui tendrait à se produire, si la mèche chauffait toujours au même endroit le bord du godet contenant la stéarine liquide qui alimente la combustion.

M. Sergueeff dit qu'en Russie, les mèches sont simplement tressées et qu'on ne leur fait subir aucune torsion; tous les fils sont également tendus.

Le recourbement du bout de la mèche et la hauteur à laquelle il doit se produire pour éviter les coulées de la stéarine fondue, sont obtenus, non par des moyens mécaniques, mais seulement par la préparation chimique que subit la mèche avant son emploi.

M. le Président remercie M. Sergueeff de sa communication, qui sera insérée au Bulletin de la Société.

M. Schivre donne communication d'une note sur les machines d'extraction à distribution de vapeur équilibrée.

M. Schivre rappelle, que dans les machines puissantes, les tiroirs ordinaires de distribution sont très-difficiles à manœuvrer, à cause de leur grande surface, sur laquelle agit une force considérable, et que dans certains cas on a été amené à employer un mouvement à vapeur pour faire fonctionner le changement de marche.

Les distributions à soupapes, ne présentent pas les mêmes inconvénients, mais jusqu'ici, on n'est pas parvenu à trouver une disposition donnant toute garantie de bon fonctionnement, pendant un temps un peu long.

M. Schivre a résolu le problème en employant un tiroir cylindrique, fonctionnant à la façon d'une clef de robinet, dans une boite fixée au cylindre de la machine, et recevant la vapeur des chaudières par une tubulure.

Le tiroir est creux, et il est divisé intérieurement en quatre capacités par deux cloisons; deux de ces capacités sont destinées à l'admission, et les deux autres à l'échappement. Les premières communiquent entre elles, ainsi que les deux dernières, au moyen d'orifices pratiqués dans les cloisons. La surface extérieure du tiroir est évidée, et elle est percée de quatre lumières correspondant exclusivement avec les capacités intérieures destinées à l'admission, et ayant pour but d'équilibrer le tiroir.

Le tiroir étant ainsi équilibré dans toutes ses positions, la pression de la vapeur n'a aucune influence sur le mouvement de rotation alternatif et l'effort nécessaire pour obtenir ce mouvement est limité à celui qu'exige le frottement dû au poids du tiroir. Cet effort est encore réduit par l'interpo-

sition d'un ressort et d'une vis de réglage, qui permet au tiroir de tourner sur pointe.

Le système de distribution de M. Schivre peut s'adapter à toute machine avec ou sans détente, et l'application en a été faite à un grand nombre de machines d'extraction, qui fonctionnent depuis plusieurs années, l'une d'elles étant munie d'une détente automatique, par came Audemar.

M. Brüll demande si la détente automatique est applicable aux machines d'extraction qui ont à desservir plusieurs accrochages.

M. Schivre répond affirmativement, et dit qu'il existe une disposition simple, permettant de faire commencer la détente au point correspondant à l'accrochage qu'on veut desservir, cette détente se continuant automatiquement ensuite jusqu'à l'arrivée au jour de la benne.

M. Schivre donne ensuite la description d'une nouvelle poulie de bellefleur.

Les poulies employées jusqu'à ce jour et qui sont, soit tout en fonte, soit avec moyeu et jante en fonte, avec rayons en fer rond engagés dans la fonte au moment de la fusion de celle-ci, soit enfin tout en fer.

Les premières sont très-lourdes, les secondes laissent à désirer comme solidité dans beaucoup de cas et les troisièmes sont d'un prix très-élevé.

La poulie imaginée par M. Schivre présente les avantages des trois systèmes indiqués ci-dessus sans en avoir les inconvénients. Elle se compose d'une jante et d'un moyeu en fonte, réunis par des bras en fer rivés à ces deux pièces. Ces bras sont maintenus et réunis ensemble, en un ou plusieurs points suivant le diamètre de la poulie, par des cercles concentriques en fer et des entretoises en fonte traversés par des boulons.

M. le Président remercie M. Schivre de ses intéressantes communications.

Séance du 19 Mai 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à 9 heures.

Le procès-verbal de la séance du 5 mai est adopté.

M. le Président fait part du décès de M. Mulot Durivage.

M. le Président annonce avec satisfaction la nomination de M. Daniel Colladon, ancien professeur de mécanique à l'École centrale et professeur à l'Académie de Genève, comme membre correspondant de l'Académie des sciences de l'Institut, pour la section de mécanique.

M. le Président donne communication de la lettre suivante adressée par les administrateurs de la Compagnie générale transatlantique :

« Monsieur le Président,

« Nous avons l'honneur de vous informer que notre Conseil d'administration a décidé que messieurs les ingénieurs civils appartenant à votre Société, qui désirent visiter l'Exposition internationale de Philadelphie, jouiront sur les paquebots de notre Compagnie des prix de faveur accordés aux exposants français, ainsi que des billets de l'Érie Railway, donnant droit aux excursions à prix réduits.

« Vous trouverez incluse la circulaire qui a été remise à tous les exposants, par les soins de M. le Commissaire général français à l'Exposition.

« Sur un mot de vous, MM. les ingénieurs civils n'auront qu'à se présenter à notre bureau des passages au Grand-Hôtel, 12, boulevard des Capucines, et les billets de passage et d'excursions leur seront remis aux prix indiqués.

« Veuillez agréer, etc. »

Les Membres qui voudront profiter de la faveur offerte par la Compagnie transatlantique, pourront donc s'adresser au Secrétariat à l'effet de se munir d'une lettre du Président de notre Société.

M. Nizet adresse la lettre suivante :

« Monsieur le Président,

« J'apprends par le compte rendu de la séance du 5 mai que M. Quéruel a fait, relativement à l'entrepôt de Bercy, une communication à laquelle j'aurais répondu si j'avais assisté à cette séance. Ne pouvant aller à la réunion de ce soir, ni probablement aux suivantes, j'ai l'honneur de vous transmettre ma réponse écrite à la hâte.

« La disposition critiquée par M. Quéruel, qui a été proposée pour les magasins, pourrait être différente de celle que comporte le projet administratif; on pourrait facilement trouver une combinaison qui donnerait une plus grande surface couverte, avec une moindre dépense, mais on a tenu compte dans la rédaction du plan et devis des exigences du commerce, exigences quelquefois routinières, mais aussi souvent basées sur l'expérience, et qu'il faut satisfaire en ne tenant compte de la dépense que secondairement, si on ne veut pas éloigner les commerçants de l'Entrepôt.

« L'auteur du projet et le personnel du service d'architecture des entrepôts de Bercy ont depuis longues années, tant à Bercy qu'au quai Saint-Bernard, acquis une connaissance approfondie de la question. Il paraît difficile de croire qu'une étude superficielle amène à posséder tous les éléments si complexes nécessaires pour émettre une opinion fondée.

« Le meilleur mode de construction et de distribution des chais pour assurer la conservation des vins, par exemple, demande des connaissances spéciales qui ne peuvent s'acquérir qu'avec beaucoup de temps. Les tentatives précédentes (entrepôt Saint-Bernard, chais d'Ivry, entrepôt Extra-

Muros, gare Nicolaï, etc.) ont eu trop peu de succès pour qu'on donne encore la priorité à la solution économique.

« Le prix de construction paraît au premier abord exorbitant (il est vrai qu'il comprend environ treize millions pour expropriations): il y aurait lieu de le réduire de tout l'excédant de dépense causé par les magasins du premier étage et leurs accessoires de viabilité, qui ont, pour ainsi dire, été imposés par l'administration. Ainsi réduits, ces prix sont encore énormes, mais il faut se rendre compte de la nécessité d'exhausser le sol de toute la surface de l'entrepôt de trois mètres environ pour échapper aux inondations et des difficultés de fonder en contre-bas de ce remblai sur un sol en partie vaseux, on peut dire enfin que le difficile est d'établir un programme donnant satisfaction à tous les intéressés, administration, octroi, commerçants, etc. Formuler un bon programme, en pareil cas, c'est presque résoudre la difficulté.

« Veuillez agréer, etc. »

M. le Président au sujet de cette lettre, fait observer que la question soumise à la Société est tout à fait du ressort de l'art de l'Ingénieur. On ne peut pas considérer, sous ce rapport, comme étant définitif, le projet présenté par l'administration. Certaines dispositions appliquées par exemple à l'entrepôt Saint-Bernard pour noyer les caves, en cas d'incendie, seraient très-bonnes à prévoir; d'autres améliorations pourraient être introduites, et certaines critiques pourraient être évitées. L'étude enfin amènerait des solutions meilleures et plus économiques. Il faut donc remercier M. Quéruel d'avoir posé la question au point de vue de l'Ingénieur.

M. Quéruel dit que dans la communication très-sommaire qu'il a eu l'honneur de faire à la Société sur l'entrepôt de Bercy, les critiques qu'il a cru devoir faire du projet dressé par l'administration avaient principalement pour but d'appeler l'attention de la Société sur un sujet de sa compétence. Les observations de M. Nizet ne diminuent en rien la justesse des appréciations qui ont été faites. Le prix du magasinage qui est de 17 fr. 14 pour un mètre cube de vin, et de 50 fr. pour une tonne d'alcool, demeure exorbitant; et sur ce point le commerce ne recevrait pas satisfaction. Il y a donc quelque chose de mieux à faire; et il est permis de croire, contrairement à l'avis de l'honorable contradicteur, que cette question soit complétement épuisée. La mécanique et la science doivent jouer un rôle dans ces entrepôts, il ne serait pas de trop que le génie civil s'en occupât, et c'est pour ce motif que M. Quéruel insiste pour que ce problème soit mis au concours.

Il est donné lecture de la lettre suivante, adressée par M. Lockert, secrétaire du Comité scientifique du chemin de fer à ciel ouvert entre la France et l'Angleterre :

« Monsieur le Président,

« J'ai eu l'honneur de vous adresser, il y a quelques jours, une brochure

dans laquelle je me suis efforcé d'appeler l'attention, à côté du tunnel sous-marin, sur le passage à ciel ouvert, par lequel M. Vérard de Sainte-Anne se propose de raccorder les voies ferrées anglaises et françaises, afin de mettre, comme l'a dit M. le ministre des Travaux publics à la Chambre des députés, le 28 janvier 1875, « les communications entre les deux pays, à l'abri de tout danger. »

« Je ne prétends pas, Monsieur le Président, abuser de votre attention pour entreprendre ici un parallèle qui ne pourrait, quant à présent, rouler que sur des hypothèses. Je saisirai pourtant l'occasion de dire qu'il ne me paraît pas que l'on doive voir dans la loi votée par l'Assemblée à propos de l'entreprise que patronne M. Michel Chevalier, une préférence du gouvernement en faveur du projet de tunnel : les études préliminaires de ce dernier nécessitaient des expropriations qu'il n'était possible d'obtenir qu'en vertu d'une loi d'exception.

« Le passage à ciel ouvert n'est pas soumis à cette servitude, et les études en peuvent être poursuivies sans gêner en rien les riverains de la Manche.

« Dès 1870, M. Vérard de Sainte-Anne a eu l'honneur de communiquer à l'Académie des sciences, ses projets et les résultats de ses observations. Interrompue par la guerre, mais aussitôt reprise, son œuvre a marché sans relâche dans la voie du progrès : soumise aux jugements d'ingénieurs éminents, et couverte de leur approbation, elle peut aujourd'hui passer du domaine de la théorie dans celui des faits.

« C'est pourquoi, Monsieur le Président, je me détermine, aujourd'hui seulement, à entretenir la Société de cette affaire pour laquelle les études du projet définitif sont désormais en bonne voie.

« Ce projet n'est, à proprement parler, ni un pont, ni un viaduc, ni une jetée; c'est quelque chose qui tient à la fois de tout cela : je ne crois pas, d'ailleurs, qu'il y ait lieu de s'étonner qu'un terme technique n'existe pas encore pour définir une œuvre aussi nouvelle. Thomé de Gamond, notre regretté collègue, qui avait eu l'idée d'un ouvrage analogue, abandonné ensuite pour son projet de tunnel, l'avait appelé « Isthme de Douvres » : mais ce n'était là qu'une dénomination particulière. Le chemin de fer du Pas-de-Calais sera probablement suivi par d'autres voies construites dans les mêmes circonstances, et la science et la pratique réunies sauront, sans nul doute, pendant ou après son exécution, trouver un mot pour qualifier cette œuvre grandiose.

« En somme, je tenais à honneur, Monsieur le Président, de vous informer que nous commençons actuellement les études de notre projet définitif. Ces études embrassent deux branches bien distinctes : l'une qui concerne l'administration et les relations commerciales et autres, ayant pour but de déterminer quelle portion du transit anglo-européen choisira la voie solide, de façon à en pouvoir évaluer le revenu possible ; l'autre qui a pour objet d'établir les dessins et les plans de notre ouvrage et d'en calculer exactement le devis. Ces plans devront naturellement répondre aux diverses exi-

gences que les voyageurs et la navigation sont en droit de réclamer d'une pareille construction :

« 1° solidité à toute épreuve et à l'abri de tous les accidents ;

« 2° ouvertures librement praticables et appropriées, tant par leurs positions que par leurs dimensions, au passage de tous les genres d'embarcations qui peuvent sillonner le détroit.

« Je terminerai, Monsieur le Président, en vous demandant l'autorisation de me présenter de temps en temps devant vous et mes honorables collègues, pour vous tenir au courant de nos travaux, et pour venir solliciter leurs encouragements et leurs avis.

« Quoi qu'il arrive, dans six mois, nos études seront terminées, et je prierai alors la Société d'accepter le volume qui les contiendra, et de nous donner, si elle le juge convenable, son appui éclairé lorsque nous solliciterons du gouvernement une concession dont la demande sera basée sur un ensemble de documents et de résultats pratiques incontestables et indiscutables.

« Je vous prie, Monsieur le Président, de vouloir bien agréer, etc. »

M. Desmousseaux de Givré a la parole pour sa communication sur la réalité des quantités prétendues imaginaires de la forme $a + b\sqrt{-1}$.

L'auteur commence par étudier les règles ordinaires de la multiplication des quantités algébriques armées de signes.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{On convient en général, que :} & (+1) \times (+1) = +1 \\
\text{D'où résultent :} & \left\{\begin{array}{l} (-1) \times (+1) = -1 \\ (+1) \times (-1) = -1 \\ (-1) \times (-1) = +1 \end{array}\right. \\
\text{On a encore, } m \text{ étant un nombre quelconque :} & \left\{\begin{array}{r} m \times (+1) = +m \\ m \times (-1) = -m \end{array}\right. \\
\text{d'où} & m = +m
\end{array}\right\} \text{I.}$$

Or, comme il y a, pour chaque quantité, symétrie entre les deux sens opposés, désignés par $+$ et par $-$, rien n'empêche de renverser, pour telles ou telles quantités que l'on voudra, l'affectation des signes $+$ et $-$.

On pourrait donc, tout aussi bien,

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{convenir que :} & (+1) \times (+1) = -1 \\
\text{d'où résulteraient :} & \left\{\begin{array}{l} (-1) \times (+1) = +1 \\ (+1) \times (-1) = +1 \\ (-1) \times (-1) = -1 \end{array}\right. \\
\text{On a aussi :} & \left\{\begin{array}{l} (+1) \times m = +m \\ (-1) \times m = -m \\ m = -m \end{array}\right.
\end{array}\right\} \text{II.}$$

Dans l'un et l'autre cas, il arrivera toujours que :

$$[(+1)\times(+1)] = -[(-1)\times(+1)] = -[(+1)\times(-1)] = [(-1)\times(-1)].$$

Il y a nécessité de choisir exclusivement entre deux systèmes que nous appellerons : *Convention* I et *Convention* II.

En renversant l'ordre des quatre premières relations de la convention II, on a un nouveau système, qui ne diffère de la convention I que par l'échange des deux signes + et —.

A présent, faisons abstraction de toute convention sur les signes, et considérons une quantité y^2, variant de $+\infty$ à $-\infty$, et représentée par une suite de surfaces carrées de côté y inscrites en deux angles rectangulaires ($y'o\,y''$) ($y'''o\,y''''$) opposés par le sommet.

Soient deux valeurs de y^2, égales et de sens opposés : $+Y^2$ et $-Y^2$. Considérons leurs racines respectives, c'est-à-dire, selon la définition habituelle, les quantités qui, multipliées par elles-mêmes algébriquement, c'est-à-dire sous le même signe, reproduisent, soit $+Y^2$, soit $-Y^2$.

Les racines de $+Y^2$ et de $-Y^2$ ne sont pas identiques, car leurs carrés seraient identiques.

Ces deux racines ne sont pas égales et de signes contraires, car leurs carrés seraient encore identiques.

D'ailleurs, il est évident, par la figure géométrique, que les racines de $+Y^2$ et de $-Y^2$ existent également et ont même valeur arithmétique Y.

Ce sont donc des quantités *irréductibles*, *par voie d'addition* (ou de soustraction). Ce sont, en quelque sorte, des quantités d'*essence différente ;* quantités qu'il serait rationnel de nommer, par exemple, *hétérousiques*, si l'on pouvait déduire ce mot de ἑτέρα, autre, et οὐσία, essence ; ou, pour user d'une expression plus euphonique et suffisamment exacte : *hétérologues*.

Il est donc erroné de regarder les quantités $b\sqrt{-1}$ comme des *imaginaires*, c'est-à-dire des symboles sans valeur numérique et sans existence réelle. Ce sont des quantités aussi réelles que les quantités $b\sqrt{+1}$, mais d'essence différente.

Après cette théorie géométrique, la réalité et l'essence propre des quantités $b\sqrt{-1}$ sont également établies, par l'auteur, au moyen de trois démonstrations de pure algèbre.

Résumons l'une d'elles.

Il serait plus rationnel de représenter les deux sens antagonistes de chaque grandeur par une paire de signes antagonistes particuliers.

On arrive ainsi à une IIIme *convention générale*, dont les conventions I et II ne sont que des cas particuliers.

Ceci établi, M. Desmousseaux de Givré prouve aisément que toute quantité $+r$ admet réellement deux racines, ayant même valeur numérique, $\sqrt{r}$, et deux signes antagonistes différents de + et de — ; et que, semblablement, $-r$ admet réellement deux racines algébriques, de valeur $\sqrt{r}$, et possédant des signes antagonistes differents de + et —, et différents même des

signes antagonistes qui caractérisent les racines de $+1$. Donc, -1 admet deux racines réelles, *sui generis*.

Donc, les quantités de la forme b $\sqrt{-1}$ *ne sont pas des imaginaires, mais des quantités* RÉELLES, *qui ont chacune une valeur numérique égale à* b. — C.q.f.d.

REMARQUE. — Si une variable $+z$ est égale au produit de deux autres variables *distinctes* entre elles, x et y : quand même les valeurs arithmétiques de x et de y seraient égales, ni x ni y ne sont la racine de z. Cette racine est une nouvelle espèce de quantité.

Abordant une seconde partie, plutôt philosophique, de ce mémoire, l'auteur examine d'abord les *interprétations naturelles* des quantités irréductibles (hétérousiques ou hétérologues, ou hétérogènes, comme on voudra les nommer).

Les *interprétations géométriques de l'irréductibilité algébrique* consistent principalement dans l'*irréductibilité* des trois dimensions de l'étendue.

Interprétation physique.

La somme $a + b\sqrt{-1}$ est une somme de quantités hétérogènes. Or, la nature et l'art nous fournissent une infinité de sommes hétérogènes.

Interprétations métaphysiques.

La mémoire, l'intelligence, la volonté sont, chacune, *sui generis*, et elles ne peuvent se réduire entre elles.

C'est le lieu de faire observer que l'irréductibilité des quantités $a + b\sqrt{-1}$ est, peut-être, le seul fait important des mathématiques qui n'ait pas d'interprétation métaphysique.

Les autres grands faits : le rapport négatif, le rapport incommensurable et le rapport infinitésimal, possèdent, tous trois, des significations métaphysiques (et morales). Ainsi :

Le rapport *négatif* représente l'opposition de sens de deux actions.

Le rapport *incommensurable* représente, selon quelques philosophes, une sorte de diversité d'essence.

Le rapport *infinitésimal*, c'est le rapport de Dieu à l'homme, ou, plus généralement, du Créateur à la créature; c'est l'unique fondement de la théodicée; c'est le rapport dont Racine a dit si bien, en parlant de Dieu :

> Il voit, *comme un néant*, tout l'univers ensemble,
> Et les faibles mortels, vains jouets du trépas,
> Sont tous devant ses yeux *comme s'ils n'étaient pas.*

Qu'est-ce donc que représente le rapport dit *imaginaire*?

Évidemment, la diversité irréductible de l'essence, ou la diversité irréductible des puissances d'une même essence.

Qu'est-ce qui constitue l'harmonie de l'univers?

C'est que chaque être a une *fonction propre* qui ne doit être remplie que

par lui. Or, pour une fonction *propre*, il faut une nature *propre*, et par conséquent irréductible avec toute autre nature.

Dans un paragraphe suivant, l'auteur distingue et étudie deux catégories de signes algébriques.

Les uns, indiquant une opération à effectuer.

Les autres, tels que $+$ et $-$, ou bien $+\sqrt{-1}$ et $-\sqrt{-1}$, etc., caractérisant un état, ou, pour mieux dire, une *nature* de la grandeur.

Dans un autre paragraphe, on passe à l'analyse des trois conceptions fondamentales de l'algèbre :

1° L'idée arithmétique, de *nombre;*

2° L'idée, conçue par Descartes, de deux sens antagonistes : positif et négatif ($+$ et $-$), de la quantité;

3° L'idée, très-moderne, des quantités d'essence différente, telle que $\sqrt{-1}$, ou telles que les quantités i_1, i_2, i_3, etc., employées dans l'algèbre (toute récente) des *quantités complexes*, notamment dans les *quaternions* dont les géomètres anglais font un usage fréquent.

Ces nouvelles conceptions ont cet avantage de représenter plus exactement la nature.

L'auteur termine en résumant l'historique de ses recherches.

Il constate (à en juger d'après les *conversations* ou les *écrits*) que le plus grand nombre des savants semble ne pas croire à la réalité des quantités $b\sqrt{-1}$.

Bien que la représentation géométrique de ces quantités soit universellement reconnue, et merveilleusement utilisée, néanmoins, on persiste à les désigner sous le nom d'*imaginaires*, et à les envisager comme de purs symboles, des signes abstraits, n'ayant absolument aucun sens en eux, et, comme l'écrivait Cauchy, lui-même : « *Un instrument de calcul, un outil, un* « *moyen commode. — On ne saurait dire ce que signifie ce prétendu signe* « $\sqrt{-1}$. »

Qui s'étonnerait de pareilles obscurités, même dans un si grand génie? Elles sont fréquentes! Nous en avons cité plusieurs exemples.

Un seul géomètre, l'un de ceux qui dans la carrière de la science honorent le plus le nom français, nous a affirmé que les quantités imaginaires étaient des quantités réelles. Il nous renvoyait à la représentation géométrique de Mourey et de Cauchy, et aux mémoires de M. Transon. Ces mémoires procèdent d'une philosophie très-sympathique par sa justesse et son élévation.

M. Transon a affirmé et répété cent fois, que les quantités $b\sqrt{-1}$ étaient des quantités RÉELLES. Pour ce dire, il invoque la représentation géométrique usuelle, et il démontre que *seule* elle exprime exactement les diverses propriétés des quantités $a+b\sqrt{-1}$.

Un autre savant a affirmé hardiment que $\sqrt{-1}$ est un état intermédiaire entre $+1$ et -1, et n'existant pas seulement pour les quantités géomé-

triques. Mais, il ajoutait que $\sqrt{-1}$ n'est, pour les nombres et pour d'autres quantités, qu'un *indice d'interdiction*, et que ce symbole *implique une opération* INEXÉCUTABLE *sur les nombres, et cependant réalisables sur certaines sortes de grandeurs.*

Pour nous, au contraire, nous avons affirmé déjà que $\sqrt{-m^2}$ indique une opération aussi exécutable que $\sqrt{+m^2}$, et possède valeur numérique égale à m.

Nous avons effectué de longues et fastidieuses recherches pour découvrir si les résultats que nous avons eu l'honneur d'exposer étaient véritablement nouveaux. Quand même il n'en serait pas ainsi, nous penserions encore avoir fait œuvre utile, en appelant l'attention des géomètres et des ingénieurs sur ce point qui est encore généralement considéré comme un des plus grands mystères de la philosophie et des mathémathiques.

Le mystère est éclairci. Reste à en creuser les profondeurs, et à en tirer les conclusions pratiques.

M. Fouret, sans vouloir discuter, avant de l'avoir approfondi, le travail de M. Desmousseaux de Givré, désire présenter dès maintenant deux observations.

La première est que, suivant les meilleurs auteurs, la règle des signes de la multiplication algébrique est, non pas une convention, mais une nécessité qui s'impose, pour établir l'accord entre les résultats de l'algèbre et ceux de l'arithmétique. Il paraît donc difficile d'admettre avec M. de Givré une règle des signes contradictoire avec celle qui existe.

La seconde observation se rapporte à la notion d'*infiniment petit*, qui aujourd'hui présente un sens très-clair, en dehors de toute considération métaphysique. Une quantité *infiniment petite* n'est ni une quantité *très-petite*, ni une quantité *absolument nulle*. C'est une sorte d'intermédiaire, une quantité variable qui devient moindre que toute grandeur assignable.

D'ailleurs, ajoute M. Fouret, les démonstrations que M. de Givré a voulu faire paraissent manquer de base, car leur objet est une convention, et une convention ne peut se démontrer.

M. Desmousseaux de Givré répond, que : 1° sur la seconde question, *oui*, il tient les quantités infinitésimales pour de véritables *zéros*. Cela ne veut pas dire *le néant*, assurément ! Mais cela veut dire quantités *nulles* par rapport aux quantités *finies*.

De même que l'homme est *zéro* par rapport à Dieu, bien qu'il ne soit pas un *néant*, mais au contraire, un être *fini*.

On aura beau chercher, on ne trouvera pas, dans l'univers, autre interprétation métaphysique, satisfaisante, du rapport infinitésimal, que le rapport de Dieu à l'homme.

Remarquons, d'ailleurs, que *zéro* n'est point égal à lui-même. Et c'est précisément pour cela qu'on n'a point le droit de multiplier, ni diviser, par une expression p égale à zéro, les deux membres d'une équation : $= N$.

Car, par exemple, si $M = pA$, et $N = pB$, l'équation $pA = pB$ est encore satisfaite si A est différent de B. Alors, le *zéro* pA est différent de *zéro* pB.

La considération des infiniments petits, comme quantités simplement *très-petites*, a cet inconvénient que, dès lors, les différentes équations par où on passe pour arriver au résultat ne peuvent plus être considérées que comme des approximations. Au lieu que, si l'on se place au point de vue philosophique élevé, en considérant la quantité *nulle* par rapport à la quantité *finie*, le calcul infinitésimal devient parfaitement rigoureux. C'est que, en même temps, il devient l'expression exacte de la nature des choses.

Il est bien vrai que la question est le plus souvent envisagée (et présentée dans les écoles) sous un jour tout différent. « On *exprime* alors par *quantité infiniment petite*, *toute quantité qui est considérée comme continuellement décroissante ; tellement qu'elle peut être rendue aussi petite qu'on le veut.* »

Nous n'acceptons pas cette définition, et bien que, sans doute, *Leibnitz* se soit, parfois, un peu placé à ce point de vue, nous pouvons avoir confiance dans les grands hommes qui ont perfectionné ces théories, et considérer avec *Euler* les infiniments petits comme de véritables *zéros* (autrement dit des *évanouissantes*); ou, selon l'expression d'*Ampère*, comme des quantités *nulles*, *absolument nulles*, — c'est-à-dire zéro par rapport à des quantités finies; nulles, par rapport à des quantités finies. — Mais non pas le néant!

2° Pour ce qui concerne la réalité des quantités $a + b\sqrt{-1}$. Oui, on peut convenir, malgré tout usage, que : $(+1) \times (+1) = -1$. Cela est une convention; car :

a) — nous avons fait voir que les signes + et — n'avaient qu'une valeur d'opposition, et qu'ils changeaient de signification lorsqu'ils s'appliquaient à des variables différentes, telles que x, y, z, etc., etc. D'où il résulte qu'on peut, pour une ou plusieurs de ces variables, changer + et — en d'autres paires de signes antagonistes.

Et, comme on peut choisir ces nouveaux signes de façon absolument arbitraire, on peut, par exemple, garder + et — pour deux variables x et y, et intervertir ces deux signes pour leur produit xy.

Les représentations géométriques sont on ne peut plus simples.

b) *Autre démonstration.* — Puisque + et — n'ont qu'une signification d'opposition, on peut les échanger, en général, l'un dans l'autre. Dès lors l'équation $(+1) \times (+1) = +1$, devient : $(-1) \times (-1) = -1$; d'où l'on déduit $(+1) \times (+1) = -1$. — C. q. f. d.

Quant au mot de *Convention* il faut bien dire que dans chacun des systèmes I, II, III, il n'y a que la première équation qui soit conventionnelle, et cette équation détermine les six équations suivantes.

M. Desmousseaux de Givré réitère son affirmation $(+1) \times (+1) = +1$ étant, non pas une équation obligée, mais une *convention*, elle peut être changée. (De là les démonstrations subséquentes.)

M. le Président remercie M. Desmousseaux de Givré de sa communication.

Il est donné lecture de la note que M. Desbrière, empêché d'assister à la séance, a présentée sur les perfectionnements récents et les nouvelles applications du système de chemin de fer à rail central.

L'auteur, dans la séance du 6 septembre 1872, a rendu compte à la Société des essais faits sur cinq machines locomotives construites pour le chemin de fer de Cantagallo (Brésil), par MM. Manning Wardle, constructeurs à Leeds. Ces machines étaient à quatre cylindres.

Depuis cette époque, deux nouvelles machines à rail central ont été commandées, pour ce même chemin de fer, à MM. Gouin et Compagnie (Société de construction des Batignolles), et sont, depuis les premiers mois de 1873, en service sur la ligne de Cantagallo.

Ces machines sont à deux cylindres et reproduisent le type connu des machines établies par ces derniers constructeurs pour le chemin de fer du Mont-Cenis, sauf certaines particularités de détail dont nous croyons devoir donner connaissance à la Société parce que leur adoption a eu des conséquences extrêmement heureuses pour le service de ces machines, et leur a donné une supériorité très-notable sur celles du même type, antérieurement construites pour le même service.

Nous donnerons d'abord les dimensions principales de ces machines, construites, on le sait, pour une voie de 1m.10.

Longueur extérieure de la boite à feu.	1m.394
Largeur extérieure de la boite à feu.	1 .162
Hauteur du dessous du cadre de la boite à feu au rail.	800
Longueur de la grille.	1 .260
Largeur —	1 .028
Surface de la grille.	1 .295
Diamètre moyen du corps cylindrique (intérieur de grande virole).	1m.140
Longueur des tubes entre les plaques tubulaires.	2 .920
Nombre des tubes.	194
Diamètre intérieur des tubes.	0.m035
Épaisseur des tubes.	1 1/2
Pression effective dans la chaudière en kilos par centimètre carré.	9 1/2
Volume d'eau contenue dans la chaudière (0m.120 sur le foyer).	2.020 lit.
Volume de vapeur contenue.	1.122
Capacité totale de la chaudière.	3.142
Surface de chauffe moyenne de foyer.	5m.70
— — des tubes.	64m.95
— — totale.	70 .65
Hauteur de la cheminée au-dessus du rail.	3 .500
Diamètre au contact des roues porteuses et des roues horizontales.	680

Épaisseur des bandages des roues porteuses et des roues horizontales.	55
Largeur des roues porteuses et des roues horizontales.. . . .	121
Écartement d'axe en axe des essieux des roues porteuses. . .	2m.300
(Le système des voies horizontales est au milieu de l'écartement des essieux des roues porteuses.)	
Écartement longitudinal d'axe en axe des roues horizontales.	715
Écartement transversal d'axe en axe des roues neuves.. . . .	806
Hauteur de l'axe du rail central au-dessus de la voie.	0.191mm
Écartement intérieur des rails de la voie porteuse.	1.100
Largeur de la machine aux tabliers.	2.600
Nombre des ressorts de compression des roues horizontales. .	12
Résistance maxima d'un ressort à la compression.	1 t.
Flexion d'un ressort sous l'action de la charge maxima. . . .	32mm
Flexibilité d'un ressort, par tonne.	8mm.
Compression sur les roues horizontales de chaque côté (6 ressorts).	25 t. au maximum.
Diamètre des cylindres..	0m.406
Course des pistons..	0. 406
Effort de traction $E = \frac{0.65\, pd^2 c}{D}$.	6.077kil.
Maxima d'introduction en centièmes de la course du piston. .	76 %
Minima — — . .	9 %
Capacité des caisses à eau.	2.300 lit.
Capacité pour le combustible.	800 —
Poids de la machine vide.	22.370
Poids de la machine pleine au départ, comprenant le combustible sur la grille et dans les caisses, l'eau dans la chaudière, l'eau dans les caisses, l'outillage, le sable dans la sablière.	27.840
Pression totale, donnant lieu à l'adhérence.	52.840

Les particularités qui distinguent ces machines sont au nombre de deux principales :

1° Les boites à graisse de l'essieu d'arrière (horizontal), qui est aussi l'essieu moteur du mécanisme extérieur, sont mobiles dans des glissières qui, au lieu d'être verticales, sont inclinées légèrement de manière à être perpendiculaires à la direction moyenne de la bielle motrice et à se confondre presque avec l'arc de cercle décrit du boulon de la grosse tête de bielle comme centre, avec la longueur de la bielle pour rayon.

Il résulte de cette disposition que l'effort transmis à la bielle par les oscillations de la machine est considérablement réduit et peut même être considéré comme nul, puisque dans les diverses positions qu'occupe la boîte à graisse dans la glissière, la bielle conserve une longueur qui peut être pra-

tiquement considérée comme constante. Par suite les ruptures des bielles motrices ont été entièrement évitées[1].

2° Les essieux verticaux qui supportent les roues horizontales des machines à rail central sont munis chacun, comme on le sait, de deux boîtes à graisse sur lesquelles la pression des ressorts se transmet aux essieux et de là aux roues horizontales, ces boîtes à graisse sont fixées dans des châssis glissoirs ou cradles avec lesquelles elles font corps.

Par suite de cette position inférieure des roues horizontales, malgré toutes les précautions prises dans l'ajustage, et malgré la force des châssis-glissoirs dans lesquels se trouvent fixées les boites à graisse, le jeu et la flexion de ces châssis glissoirs permettaient aux essieux de prendre une position déviée de la verticale. Par suite, la pression des ressorts n'était plus transmise que partiellement aux roues, et en outre les bielles et balanciers qui transmettent ou régularisent le mouvement des essieux verticaux, éprouvaient des torsions qui nuisaient à la compensation exacte des mouvements, et occasionnaient des ruptures de pièces.

Pour éviter ces inconvénients on a disposé à la partie supérieure de chaque essieu vertical, supportant les roues horizontales, un disque ou roue horizontale de diamètre égal ou légèrement inférieur à la distance que prennent les axes de ces essieux lorsque les roues qu'ils portent sont en contact avec les champignons du rail central. Il résulte de cette disposition que lorsque les roues horizontales sont pressées sur le rail central par l'action des ressorts destinés à cet usage, leurs essieux restent dans la position verticale ; par suite, la pression des ressorts est intégralement transmise ; en outre, les positions relatives et les dimensions des pièces en mouvement, telles que bielles et manivelles, restent invariables.

La conséquence de ces dispositions a été que les ruptures ont complétement disparu, tant pour les pièces du mouvement intérieur que pour celles du mouvement extérieur.

1. Il est facile de voir que les machines à rail central à une seule paire de cylindres et à bielles motrices inclinées présentent une particularité assez fâcheuse, relativement aux flexions des ressorts. Dans les machines ordinaires, la flexion des ressorts détermine simplement un déplacement du piston. Comme ce dernier est libre dans le cylindre et que ses mouvements ne sont gênés que par la pression de la vapeur, il n'en peut résulter qu'une légère augmentation de compression ou de traction sur la bielle. Dans les machines à rail central, au contraire, dans lesquelles le mouvement intérieur et le mouvement extérieur sont conjugués, il est évident que l'ensemble de ces pièces forme un cycle complet, de telle sorte que, étant donnée une position de la manivelle des roues verticales, par exemple, le piston doit occuper dans le cylindre une position déterminée par les positions correspondantes des manivelles des roues horizontales, et par conséquent invariable (sauf le jeu des articulations). Or la pression sur un ressort se trouve, par le fait de l'obliquité de la bielle, multipliée par 4 ou 5, suivant la longueur de cette pièce. Si l'on remarque de plus, qu'en marche la pression sur les ressorts d'une paire de roues peut atteindre, par suite des inégalités de la voie, des chocs, etc., des valeurs considérables, on verra que l'effort de traction ou de compression transmis aux bielles, et auquel elles ne peuvent être soustraites par le déplacement du piston, est hors de proportion avec la dimension de ces pièces. De là les ruptures qui ont été constatées au mont Cenis, et que la nouvelle disposition des glissières inclinées a fait entièrement disparaître.

Ces perfectionnements éprouvés par un an environ de service ont donc écarté la plus grave des difficultés que présentait l'emploi des machines à rail central.

Il en restait cependant une que les dispositions arrêtées par MM. Gouin, dans l'étude de ces dernières machines, n'ont pas entièrement détruites, nous voulons parler de la chute de l'huile du mouvement intérieur sur le rail central, chute qui a pour effet de réduire l'adhérence sur ce rail et d'en faire disparaître une partie des avantages. On comprend en effet que la présence de l'huile réduisant l'adhérence du cinquième au dixième de la pression, l'effort de traction du mécanisme intérieur se trouve réduit de moitié, en même temps qu'un patinage continuel vient fatiguer le mécanisme et épuiser le réservoir de vapeur. Il était donc bien important d'empêcher la chute de l'huile sur les roues et sur le rail central. Ce petit problème de mécanique pratique qui peut paraître à première vue peu important ou bien facile à résoudre, constitue en réalité une difficulté sérieuse qui n'a été résolue que par les dispositions d'un nouveau type de machines dont il nous reste à parler.

Il s'agit des quatre machines à rail central que viennent de fournir pour le gouvernement colonial de la Nouvelle-Zélande, les ateliers de construction de l'Avonside Company, à Bristol.

Ces machines viennent d'être essayées avec un plein succès sous les yeux de l'ingénieur en chef du gouvernement colonial, M. Bruce, de M. Fell, M. Wilson, le directeur de l'Avonside Company, et de plusieurs autres ingénieurs.

Ces machines sont destinées à gravir des rampes de 1/15, environ 70 millimètres par mètre, avec une charge de 30 tonnes; la longueur de la rampe n'excédera pas 2 milles et demi, soit 4 kilomètres.

Ces machines sont encore à voie de 1m.10; elles sont à 4 cylindres; mais la disposition des essieux verticaux, dont le dessin et la description ont été donnés dans la séance du 6 septembre 1872, n'y a pas été appliquée; c'est-à-dire que les cylindres intérieurs, au lieu d'être superposés dans l'axe de la machine sont disposés de part et d'autre de cet axe, et leurs axes sont dans un même plan horizontal.

Le passage des points morts y est obtenu au moyen de disques de contact, pareils à ceux qui ont été disposés par M. Gouin à la partie supérieure des essieux de la machine, avec cette différence que, sur la moitié de leur hauteur, ces disques portent des dents d'engrenage qui mettent en rapport les essieux verticaux moteurs formant paire de part et d'autre du rail central. L'autre moitié de la hauteur du disque sert de surface de contact avec le disque de l'essieu conjugué. La seconde paire d'essieux est accouplée, respectivement avec la première, au moyen de doubles bielles d'accouplement. Ces essieux portent aussi des disques horizontaux de contact, mais sans engrenage.

La distribution de vapeur est faite, pour ce mécanisme intérieur, par le système Walschaert, qui est plus simple et moins encombrant.

Les ressorts volutes, dont on s'est servi jusqu'à présent pour donner la pression aux roues horizontales, sont remplacés par des ressorts paraboliques à feuilles, pareils à ceux des essieux horizontaux.

Le mécanisme extérieur est celui d'une machine ordinaire à quatre roues couplées. Il y a, en outre, sous la boîte à feu, une troisième paire de roues porteuses, munie de boîtes à graisse, système Adams, pour faciliter le passage dans les courbes de petit rayon.

Ces machines étant destinées à marcher par deux, attelées ensemble, dos à dos, sont munies d'un attelage Stradal pour la convergence des essieux.

Une disposition particulière permet en outre, pour faciliter le service, de faire marcher les régulateurs des deux mouvements, intérieur et extérieur, et les deux leviers de changement de marche, au moyen d'une seule manivelle, ou séparément, à volonté.

Sans entrer dans le détail des autres dispositions, les châssis-glissoirs sont remplacés par des boîtes à graisse ordinaires, mobiles dans des glissières horizontales. Cet arrangement a permis de placer entre les boites à graisse et les roues, une feuille de tôle d'acier disposée de manière à recueillir l'huile des boîtes et à la rejeter dans des cavités ménagées dans les roues horizontales.

L'effet de cette disposition a été si parfait que, dans les essais qui viennent d'avoir lieu à Bristol, pas une goutte d'huile n'a été projetée sur le rail, quoiqu'on ait employé l'huile à profusion, afin de vérifier l'efficacité du système.

Il nous reste à rendre compte des essais dont la première machine de ce système a été l'objet. En voici d'abord les dimensions principales :

MÉCANISME EXTÉRIEUR.

Cylindre : diamètre 14 pouces.	0m.3556
Pistons : course 16 pouces.	0 .4064
Roues motrices : diamètre au contact, 2 pieds, 8 pouces. . .	0 .8128
Distance des essieux extrêmes : 14 pieds, 3 pouces.	4 .3440
— couplés : 6 pieds, 8 pouces.	2 .0574

Inclinaison des cylindres 1/20.

MÉCANISME INTÉRIEUR.

Diamètre des cylindres : 12 pouces.	0m .3048
Course des pistons : 14 pouces.	0 .3556
Roues horizontales, diamètre : 22 pouces et demi..	0 .5715
Distance des essieux verticaux : 2 pieds, 3 pouces et demi..	0 .6985
Diamètre des disques frottants : 27 pouces et demi.	0 .6985
Surface de chauffe directe : 74 pieds carrés.	6mq.8746
— des tubes : 783 pieds carrés.	72 .7407
— totale : 857 pieds carrés.	79 .6153
Surface de grille : 13 pieds carrés.	1 .2077

Capacité des soutes à eau : 614 gallons.	2787^{lit}.56
— à charbon : 36 pieds cubes.	10 hectolit.
Pression sur les roues horizontales : 32 tonnes anglaises. .	32.512 kilog.
Poids total en ordre de marche : 34 tonnes anglaises. . . .	34.544
Charge des roues portantes : 6 tonnes anglaises..	6.096 kilog.
— motrices : 28 tonnes anglaises.	28.448
Pression adhérente totale : 60 tonnes anglaises.	60.960

Voici maintenant le détail des essais.

La disposition des lieux ne permettant pas d'établir de ligne inclinée, on a posé une voie à rail central horizontalement sur une longueur d'environ 100 mètres, et l'on a dû imaginer une méthode spéciale pour se rendre compte de la puissance de la machine.

Le premier essai a consisté à introduire la vapeur seulement dans les cylindres extérieurs, et à marcher ainsi les freins serrés jusqu'à ce que la machine développât toute sa puissance, le régulateur étant ouvert en grand à 120 livres, soit 8 atmosphères de pression effective au manomètre. On ferma alors le régulateur du mécanisme extérieur, et on ouvrit celui des cylindres intérieurs seuls; la machine fut alors mise en mouvement, les freins toujours serrés, et l'on put reconnaître ainsi que les cylindres intérieurs pouvaient développer le même effort de traction que le mécanisme extérieur.

On resserra ensuite les freins de nouveau, jusqu'à caler entièrement les roues porteuses d'arrière. Dans cet état, le mécanisme intérieur seul suffit pour faire marcher la machine.

On fit ensuite des essais comparatifs dans lesquels les deux mécanismes furent mis en antagonisme. Dans le premier essai, le levier de changement fut placé à la marche en avant pour le mécanisme intérieur, et marche en arrière pour le mécanisme extérieur. Les régulateurs étant alors ouverts simultanément, la machine resta immobile, la différence des deux efforts de traction n'étant pas suffisante pour vaincre l'inertie de la machine.

Les deux leviers ayant été placés ensuite marche en avant, on ouvrit seulement le régulateur du mécanisme extérieur. Aussitôt que la machine commença à se mettre en mouvement en avant, on renversa la marche du mécanisme extérieur, et on ouvrit les deux régulateurs en grand, avec huit atmosphères de pression.

On vit alors la machine continuer son mouvement en avant, ce qui démontra que le mécanisme intérieur développait plus de force que l'extérieur. Ce dernier essai fut répété plusieurs fois, et toujours avec le même résultat. Il en faut conclure que la puissance de traction de la machine est plus que doublée par l'addition du mécanisme à rail central.

C'est la première fois que ce résultat a été atteint par les machines à rail central. Il n'est pas du reste en accord parfait avec le calcul, car l'effort théorique de traction de la machine que nous considérons, calculé par la formule $\frac{0.65pd^2c}{D}$,

	Machine extérieure.	Machine intérieure.
serait de.	3.276^{k}	3.004^{k}
Total.	6.280^{k}	

Il reste encore un perfectionnement à introduire dans les machines à rail central : c'est celui de la sablière des roues horizontales.

Les sablières actuellement en usage, dans les machines ordinaires, réussissent très-bien, parce que leur rôle se borne à déposer le sable sur le rail en avant de la roue motrice.

Pour les roues horizontales, la surface pressée du rail central étant verticale, il ne suffit pas de laisser tomber le sable, il faut le chasser entre le bandage et le rail. Cet effet a été obtenu en faisant passer au centre des tuyaux de la sablière, un tuyau de vapeur qui entraîne le sable à la manière du Giffard. Mais l'expérience prouve que la vapeur, en se condensant, fait adhérer entre elles les particules de sable; le tuyau se bouche et la sablière cesse de fonctionner.

En substituant un jet d'air comprimé au jet de vapeur, on espère résoudre ce petit problème de pratique également très-important.

En résumé, il y a dans l'application du rail central deux systèmes en présence; le système à deux cylindres et celui à quatre cylindres. Ce dernier est préférable pour les lignes à profil variable dans lesquelles les portions de voie horizontale ou à faible inclinaison sont entremêlées avec les parties à fortes déclivités, qui seules comportent l'addition à la voie d'un rail central.

Quant aux lignes à grandes inclinaisons continues, où le rail central est posé d'une manière non interrompue, l'expérience n'a pas encore décidé auquel des deux systèmes il faut donner la préférence. Les derniers perfectionnements apportés à la machine à deux cylindres, nous font pencher en sa faveur.

Quoi qu'il en soit, voici le détail des machines des deux systèmes, construites jusqu'à ce jour :

Nom du chemin de fer.	Nom du Constructeur.	à 4 cylindres	à 2 cylindres
Mont Cenis.	Canada Works (Liverpool)......	1	»
(Ces machines ont été transportées	Cross (à Saint-Helens).........	»	1
ensuite au Cantagallo, où elles	Gouin et C° (à Paris)..........	»	12
sont en service aujourd'hui).	Cail et C° (à Paris)............	4	»
Canta Gallo........	Mamumg Wardle et C° (à Leeds).	5	»
	Gouin et C° (à Paris)..........	»	2
Nouvelle-Zélande....	Avonside C° (à Bristol).........	4	»
	Total.........	29 locomotives	

dont 14 à 4 cylindres,
et 15 à 2 cylindres.

En terminant, l'auteur ne peut s'empêcher de faire remarquer que le système à rail central, malgré les difficultés de ses débuts, continue sa

marche progressive; l'expérience prolongée qui en est faite permet d'y introduire tous les jours des perfectionnements nouveaux, et le jour n'est probablement pas loin où il sera appelé à rendre des services importants à l'œuvre de l'achèvement du réseau européen.

La discussion de ce travail pourrait avoir lieu dans une prochaine réunion.

Avant de clore la séance, M. le Président appelle l'attention des membres de la Société, sur le travail de notre collègue, M. Mathieu, ingénieur aux chemins de fer du Midi, sur les voies de Triage et le Block-System.

MM. Capelle, Conzette de Cuyper, Delettrez, Du Roy de Bluquy, Jouvet, Jourdan et Sépulchre ont été admis comme membres sociétaires.

Séance du 2 Juin 1876.

PRÉSIDENCE DE M. DE DION, *Vice-Président.*

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 mai est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. J. Froment, membre de la Société.

M. QUÉRUEL demande à revenir en quelques mots sur les conclusions qu'il a déjà repoussées de la lettre de M. Nizet, lue dans la séance du 19 mai en réponse à sa communication sur l'entrepôt de Bercy.

Il fait ressortir que le projet municipal ne donne pas satisfaction au commerce. Celui-ci demande des chais de 15 mètres de profondeur seulement, pour éviter les longs parcours, et un prix de location annuelle qui ne dépasse pas 8 francs par mètre carré. Le projet offre des chais de 60 mètres de profondeur, et nécessite que le mètre carré soit loué 12 francs par an pour que l'opération ne soit pas en déficit.

Quant à la solution technique qu'on ne peut séparer de la solution économique, elle n'est pas satisfaite non plus par la disposition des chais du type maconnais adoptée par le projet. Ce type comporte des terrains peu chers, alors qu'à Paris la valeur intrinsèque du sol déjà très-élevée se trouve encore augmentée par les dépenses de 3 mètres de remblais et par des fondations difficiles.

M. QUÉRUEL relève encore que M. Nizet attribue comme cause à l'éléva-

tion de la dépense : d'abord l'addition d'un deuxième étage de magasins, ensuite et surtout les 13 millions nécessaires pour les expropriations qu'il déduit de la dépense totale évaluée à 47 millions. Or, pour obtenir un prix de revient exact, il faut au contraire tenir compte de la valeur des terrains appartenant déjà à la ville, soit par évaluation 23 millions qu'il faut ajouter aux 47 millions ci-dessus, ce qui porterait à 70 millions la dépense réelle d'établissement.

Dans ce cas le revenu net prévu par le projet qui est de 2 357 075 francs, serait inférieur de 1 142 925 francs à l'intérêt à 5 pour 100 du capital, et il faut prévoir que ce mécompte s'accentuera davantage par l'émigration du commerce qui trouvera ailleurs des locaux à meilleur marché.

Pour le principe de la libre discussion de nos séances, M. Quéruel ne peut se dispenser de relever la proposition relative à la compétence. M. Nizet paraît vouloir refuser à ceux de ses collègues de la Société qui n'auraient point comme lui une longue pratique des entrepôts, la faculté d'émettre une opinion fondée. Il y a là une erreur, car les inventions les plus importantes, les plus radicales sont presque toujours venues en dehors des pratiquants. Ce n'est pas le roulage qui a inventé le chemin de fer, ni les maîtres de poste la locomotive, et la propulsion des navires n'a pas été proposée par les marins.

C'est donc un véritable préjugé de croire qu'en dehors des spécialistes il n'y a rien à apprendre et rien à entendre.

Si cette pensée regrettable prenait racine dans la Société, elle porterait une atteinte grave au droit de discussion et serait funeste à notre institution; car ce serait marcher precisément contre le but que se sont proposé les fondateurs.

M. Quéruel croit que la question technique est loin d'être épuisée; elle serait plutôt à ses débuts, il insiste sur l'intérêt qu'il y aurait à ce qu'elle fût soumise au concours public.

M. le Président donne la parole à M. Savy pour la communication d'une note sur le projet de percement d'un tunnel reliant la France à l'Angleterre.

M. Savy dit que, étant donné le profil du fond de la mer et l'inclinaison moyenne des couches de 1 pour 100 indiquées par M. Lavalley, si les projections horizontales des lignes d'affleurement des couches de la craie sont rectilignes, c'est que ces couches ne sont pas planes et qu'elles affectent dans leur allure une courbure sensiblement parallèle à celle du fond du détroit. Il attribue la formation de ce détroit à un affaissement; il croit que, le tunnel étant tracé en ligne droite, il sera impossible de se maintenir au milieu de la couche choisie dans le banc de craie grise, et que forcément, on touchera de très-près, si on ne les entame pas, tantôt le mur de la couche constitué par le grès vert aquifère, tantôt son toit formé par la couche de craie blanche sans silex.

Il propose de percer le tunnel à 35 mètres seulement au-dessous du

point le plus bas du détroit et de remplacer le muraillement en maçonnerie par un tube métallique de 8 mètres de diamètre intérieur dont il décrit la construction et le montage. Dans les points où l'eau serait trop abondante pour que le travail pût être continué par les moyens ordinaires, M. Savy dit qu'on pourrait faire usage de l'air comprimé. Le tube serait entouré et bloqué contre le rocher par un béton de ciment et chaux hydraulique.

En ce qui concerne l'aérage du tunnel, soit pendant la construction, soit pendant l'exploitation, M. Savy propose de diviser longitudinalement le tube métallique en deux parties égales par un mur vertical. Chaque compartiment communiquerait, du côté de l'arrivée, avec une cheminée d'appel, et recevrait une voie: un côté servirait pour l'aller et l'autre pour le retour.

A part les avantages attribués par l'auteur à ces dispositions, la note indique quelques-unes des conséquences qu'il serait possible d'en tirer au point de vue de l'exploitation et de l'aérage du tunnel.

M. Badois remarque que l'emploi de l'air comprimé pour refouler l'eau dans les conditions indiquées par M. Savy pourrait conduire à des pressions de 8 ou 9 atmosphères, et qu'il lui semble tout à fait impossible qu'on puisse y faire travailler des ouvriers même avec des appareils spéciaux.

M. Savy répond qu'il donnera prochainement, ainsi qu'il l'indique dans sa note, avec le prix de revient de son système de construction, une description des moyens qu'il propose d'employer et d'une machine à perforer.

M. le Président observe que l'emploi de l'air comprimé dans un tube ouvert horizontalement par un bout et dans une cavité non étanche ne devra pas être très-efficace, et que si, à l'exemple de Brunnel au tunnel de la Tamise, rappelé par M. Goschler, on était obligé de recourir à des boucliers sur une certaine longueur, il y aurait là une cause de perte de temps et de grande dépense.

M. Georgin donne ensuite communication d'une notice sur les règles pratiques à suivre dans le tracé des canalisations d'usine à gaz.

La canalisation d'une usine à gaz comprend deux sortes de conduites :

1° Les conduites dites de fabrication;

2° Les conduites d'émission.

Les premières prennent le gaz à la sortie des fours de distillation et lui font traverser successivement tous les appareils condenseurs, d'épuration, de lavage et les compteurs jusqu'aux gazomètres.

Les secondes partent des gazomètres et se rendent à un ou plusieurs petits bâtiments spéciaux appelés bureaux d'émission, dans chacun desquels une vanne spéciale, dite d'émission, règle l'entrée des gaz dans les conduites de la ville.

M. Georgin donne la description et le mode d'emploi des tuyaux qui composent ces conduites, soit tuyaux droits, soit raccords de canalisation. Il passe en revue pour les différents raccords, coudes, tés, tubulures, croix,

culottes, manchons et pièces diverses, les conditions dans lesquelles on doit en faire usage et leur mode d'emploi.

Il fait suivre, enfin, cette description de quelques détails sur les dispositions employées à l'approche des appareils et sur les jonctions particulières appelées *passages directs* dont l'importance est capitale.

M. Arson indique à la suite de cette communication que dans la mise en place des pièces de raccord sur une conduite en service, il est souvent utile de se mettre à l'abri des embarras que cause la mise en pression continue de la conduite. Le moyen en est simple et intéressant, on perce dans la paroi du tube un trou circulaire par lequel on introduit un ballon en caoutchouc d'une forme allongée. Ce ballon est gonflé ensuite avec un soufflet jusqu'à former une obturation suffisante par son adhérence sur une certaine longueur de tube. En mettant sur deux points d'une conduite un semblable obturateur, on peut travailler facilement dans la partie ainsi isolée.

M. Gillot donne ensuite communication au nom de M. Savy d'un mémoire sur la fabrication des agglomérés de houilles à la Compagnie des mines de Graissessac.

Le département de l'Hérault renferme plusieurs gisements houillers; entre autres concessions, la plus importante est celle de Graissessac.

Les charbons de Graissessac sont, en général, très-friables et les menus entrent pour près de 70 pour 100 dans le chiffre d'extraction.

Antérieurement à la découverte des moyens d'agglomération que nous avons aujourd'hui, la majeure partie de ces menus restait dans la mine; on n'en utilisait qu'une minime quantité dans la fabrication du coke métallurgique. Ce n'est qu'après avoir connu les résultats obtenus à Saint-Étienne par M. Marchais dans ses essais d'agglomération, que la Compagnie des mines de Graissessac se décida à entrer dans la même voie pour utiliser la plus grande partie des charbons extraits.

Les essais se firent avec un outillage tout à fait primitif: quelques caisses de bois dur et quelques chaudières pour amener le goudron à une consistance suffisante constituèrent le matériel. La compression était obtenue par un damage à la main aussi énergique que possible, exécuté par des ouvriers exercés.

Pendant cette tentative, une Compagnie s'était formée et mettait à exécution le projet de chemin de fer de Béziers à Graissessac. Cette voie ferrée agrandit le cercle des débouchés de la Compagnie houillère et l'exploitation des mines devint de plus en plus importante.

Aussitôt que la machine Évrard fut connue, la Compagnie en acheta une et abandonna le mode primitif d'agglomération qui, du reste, ne donnait pas de bons résultats. Malheureusement, l'installation de la machine Évrard fut confiée à un employé inexpérimenté, et par une manœuvre maladroite qu'il fit exécuter, il en cassa la plaque de fondation, en la faisant décharger. Néanmoins, on la répare, et l'installation s'acheva; mais la machine ne

donna pas les mêmes résultats qu'ailleurs. Mise aux riblons et à la vieille fonte, elle fut remplacée par des machines du système David, et la Compagnie profita de cette circonstance pour rapprocher l'usine de la gare du chemin de fer.

C'est dans ce dernier lieu que la Compagnie a fait successivement installer cinq machines à briquettes, savoir : trois du système David, une Mazeline et enfin la dernière, hydraulique à mouvement rectiligne alternatif de M. Révollier.

L'usine, telle qu'elle est actuellement, peut produire une moyenne de 500 tonnes d'agglomérés de divers formats par 24 heures.

La disposition des lieux est telle à Graissessac que les installations extérieures auraient pu constituer un modèle dans ce genre si, dès le commencement des travaux, on avait pu prévoir l'importance que prendrait cette exploitation houillère. Malheureusement, tout s'est fait petit à petit et au fur et à mesure des besoins.

L'usine est divisée en deux parties distinctes : celle où sont installées les machines David et Mazeline, et la plus récente où se trouve la machine Révollier.

Au nord se trouvent les bassins d'approvisionnement de brai et deux batteries de chaudières à vapeur : c'est par là qu'arrivent les charbons lavés destinés à la fabrication des agglomérés. Au sud se trouvent les fosses de la gare où l'on place les wagons pour le chargement des briquettes.

Matières premières. — Tous les charbons sont versés sur un seul crible à secousses et les menus se mélangent ensemble. Cependant, les menus gras destinés aux fours Appolt sont criblés et lavés à part. Les menus maigres sont lavés à une teneur moyenne en cendres de 10 à 11 pour 100.

Les charbons de Graissessac sont en général impurs et donnent au lavage un assez grand déchet.

Le brai est la seule matière agglomérante employée à Graissessac; il est classé en trois catégories ou qualités : il est gras, demi-gras ou maigre suivant le degré de distillation auquel a été soumis le goudron dont il dérive. Le brai employé par la Compagnie houillère est généralement demi-gras, et elle s'en approvisionne en Angleterre.

Primitivement broyé par des moulins à noix, le brai est aujourd'hui pulvérisé par des broyeurs Carr.

La Compagnie de Graissessac fait entrer une certaine quantité de coke pulvérulent dans la fabrication de ses briquettes. Ces poussiers de coke proviennent du criblage des escarbilles produites par les fours Appolt.

Machine David. — Ce système se compose de deux roues principales tournant en sens inverse à la façon de deux cylindres de laminoir; l'une, dite mouleuse, porte les moules et tout le mécanisme nécessaire à effectuer la compression des agglomérés; l'autre, dite comprimeuse, est une sorte d'engrenage à larges dents engrenant la première et fermant aussi exactement que

possible les orifices des moules remplis de pâte d'agglomérés. Deux couples d'engrenages actionnés par un moteur à vapeur communiquent le mouvement à la roue comprimeuse qui entraîne dans sa marche la roue mouleuse.

L'outillage secondaire de cette machine se compose d'une première noria, d'un doseur, d'une vis sans fin et d'une dernière noria qui relève le mélange et le verse dans le malaxeur placé au-dessus de la machine David.

Le doseur est constitué par deux plateaux tournants placés chacun sous une trémie : l'une de ces trémies renferme le charbon, l'autre le brai. Une raclette convenablement placée sur chaque plateau détermine la chute des matières premières.

A la suite de ce doseur est placée la vis sans fin, appelée, bien à tort, vis mélangeuse; elle effectue le transport du mélange jusqu'à la dernière chaîne à godets qui le verse dans le malaxeur.

Le mélange introduit dans ce dernier appareil est chauffé par deux jets de vapeur qui opèrent en même temps la fusion du brai. Le malaxage mélange aussi intimement que possible les trois matières : charbon, coke pulvérulent et brai.

Ce type de machine donne d'assez bons résultats lorsque les réparations sont faites en temps opportun. Cependant, je dois ajouter que les organes en sont très-rapidement usés par les frottements considérables qui résultent de sa marche. Son entretien en est par suite fort coûteux.

Machine Mazeline. — Ce système diffère essentiellement du précédent. La compression y est obtenue par le jeu d'un piston à vapeur attelé à l'extrémité d'un levier du second genre qui soulève les tasseaux en fonte dans leur moule respectif. Le plateau qui porte les moules tourne dans un plan horizontal.

Le modèle primitif de cette machine existe au Conservatoire des Arts-et-Métiers à côté de celui de la machine Évrard.

L'inventeur a apporté certaines modifications dans son appareil à agglomérer; le nouveau modèle fonctionne beaucoup mieux, tout en exigeant une place beaucoup plus restreinte pour son installation.

Cette machine produit une moyenne de 65 tonnes de briquettes par 10 heures de travail effectif. Ces agglomérés pèsent $4^{k}.500$ et possèdent en moyenne 55 pour 100 de cohésion.

Dans les dispositions de l'outillage secondaire de cette machine, on a supprimé la première noria, le doseur et sa vis sans fin; le mélange et le dosage des matières se font à la pelle.

Ce système de machine donne d'excellents résultats au triple point de vue de sa marche simple et uniforme, de la bonne qualité des agglomérés et du tonnage journalier. Bien entretenue, cette machine peut marcher nuit et jour pendant des périodes de 6 à 8 mois sans exiger de grosses réparations. Cependant, chaque dimanche elle doit être l'objet d'un examen sérieux, et on doit lui faire subir les petites réparations courantes.

La distance entre les machines et le quai de chargement des wagons est

assez grande pour rendre nécessaire l'installation d'un moyen de transport entre ces deux points. A cet effet, chaque machine est pourvue d'une chaîne sans fin qui reçoit les agglomérés au sortir du moule et les transporte jusque sur le bord du wagon en charge.

Plusieurs essais ont été faits pour modifier la construction et l'installation de ces chaînes, afin d'arriver à un fonctionnement régulier et éviter les pertes de temps. Ces détails, beaucoup trop longs pour être rapportés ici, sont exposés dans le mémoire. Les membres de la Société qui voudront bien s'y reporter y trouveront certains renseignements qui pourront être utilisés par eux dans des installations similaires.

Machine hydraulique de Révollier. — Cette machine est à mouvement rectiligne alternatif et ne comporte que deux moules. Elle est constituée dans son ensemble par un moteur à vapeur, trois pompes, dont deux à quatre corps, un accumulateur ou réservoir de pression, un doseur, un moulin à brai et trois presses hydrauliques avec leur distributeur d'eau.

Dans le moteur à vapeur le piston a $0^m.560$ de diamètre, 1 mètre de course et une vitesse moyenne de 2 mètres par seconde; la pression absolue et moyenne de la vapeur dans le cylindre est de 3 atm. 50. Ce moteur est à détente variable sans condensation.

Des deux pompes à quatre corps, l'une refoule l'eau à une pression de 48 atmosphères environ, et l'autre peut atteindre la pression de 600 atmosphères. Les pistons plongeurs de la première ont $0^m.078$ de diamètre et $0^m.100$ de course; leur vitesse est de $0^m.30$ par seconde. Cette pompe donne 360 coups de pistons par minute.

Les pistons de la seconde ont $0^m.025$ de diamètre et $0^m.100$ de course; leur vitesse est de $0^m.39$ par seconde. Elle donne 468 coups de pistons par minute.

La grosse pompe a pour mission le démoulage et la première partie du moulage des agglomérés; la petite pompe est chargée d'achever la compression des briquettes. La grosse pompe est pourvue d'un débrayage tandis que la petite fonctionne sans interruption.

La troisième pompe est complétement inutile et pourrait être supprimée par suite de l'existence d'une prise d'eau dans le ruisseau le Clédou, qui amènerait l'eau à une hauteur suffisante pour satisfaire aux besoins de l'usine; ce qui a lieu dans la partie où se trouvent les machines David et Mazeline.

L'accumulateur emmagasine le travail de la grosse pompe lorsque le démoulage et la première partie du moulage sont effectués. La tige de cet appareil a $0^m.160$ de diamètre, et $1^m.750$ de course; sa charge est de $49^k.736$ par centimètre carré de section. Cet accumulateur tient en réserve un volume d'eau de 35 litres sous pression de 48 atmosphères environ.

Le doseur est semblable à celui des petites machines David; mais avec des dimensions plus grandes. Il est placé dans une fosse profonde qui n'a pas de raison d'être, étant donnée la différence de niveau entre le point

d'arrivée des charbons à l'usine et la fosse de la noria du malaxeur. Ce doseur aurait pu être placé sur le bord de cette dernière fosse et permettre ainsi de supprimer deux chaînes à godets et une transmission de mouvement assez compliquée.

Le moulin à brai consiste en une meule de fonte verticale tournant autour d'un axe vertical. La meule est immédiatement suivie d'un tympan tournant en sens inverse et relevant le brai broyé pour le verser sur un tamis de forme conique placé au centre de la cuvette; les parties fines du brai passent à travers ce tamis, tandis que celles qui ne sont pas suffisamment broyées retombent sous la meule.

Ce moulin, pour une raison assez inexplicable reçoit son mouvement de la dernière tansmission placée sur l'arbre intermédiaire du haut de la noria du malaxeur; en sorte que, pour avoir du brai moulu, il faut mettre toute l'usine en marche.

Le malaxeur a 1 mètre de diamètre et 3 mètres de hauteur; il est à double enveloppe et est placé sur un socle de fonte de 2^{m}.55 de hauteur. La noria relève le mélange à 8^{m}.50 d'élévation pour le jeter dans le malaxeur. L'arbre central de ce dernier appareil a 6^{m}.25 de long et porte à sa partie inférieure une couronne dentée sous laquelle le pignon d'un arbre intermédiaire vient engrener.

Les trois presses hydrauliques sont placées sur une même ligne droite : celle du milieu effectue la compression des agglomérés, les deux autres en opèrent le démoulage.

Le piston de la presse à comprimer a 0^{m}.430 de diamètre et 0^{m}.290 de course; celui des presses à démouler a 0^{m}.350 de diamètre et 0^{m}.590 de course.

Les deux opérations (moulage et démoulage) exigent un volume d'eau de 99 litres; sur ce chiffre la grosse pompe en fournit 90, et le reste incombe à la petite pompe.

La durée moyenne d'une opération de fabrication se décompose ainsi qu'il suit :

Descente du piston comprimeur..........	30″
Changement de position des moules.......	17″
Démoulage et moulage (grosse pompe)......	27″
Compression (petite pompe)............	1′ 40″
Total......	2′ 54″

L'installation d'un accumulateur pour la petite pompe, chargé à 520 kilogrammes par centimètre carré de section, et diverses modifications dans l'ensemble, modifications signalées dans le mémoire, permettraient de réduire la durée d'une opération à 80 secondes, tout en obtenant une compression beaucoup plus uniforme, et la production de la machine se trouverait doublée sans augmentation de main-d'œuvre.

Les moules sont de fonte, et ont 1m.10 de diamètre et 0m.62 de hauteur. Chacun renferme 21 compartiments ayant comme section perpendiculaire à la génératrice du moule 0m.21 × 0m.11 ; les cloisons qui séparent les compartiments ont 0m.022 d'épaisseur.

La difficulté de pouvoir remplir les compartiments d'une manière uniforme, détermine, au moment de la compression, un manque d'équilibre entre deux compartiments voisins inégalement remplis de pâte, et les cloisons se brisent. Pour remédier à ce grave inconvénient on a employé, tout dernièrement, des moules en fonte aciérée; mais ils n'ont pas mieux résisté.

Ces moules ont été l'objet d'une étude spéciale de la part de M. Savy. Un essai qu'il avait été autorisé de faire sur de vieux moules mis à la fonte, et par conséquent dans un mauvais état, lui a permis de constater l'inefficacité des cloisons à métal rigide. Cet essai a consisté dans le rétablissement des parties de cloisons absentes avec un métal malléable; quoique imparfaitement exécuté et fait dans les pires conditions, il a donné de très-bons résultats. Ces moules ainsi réparés lui ont permis de continuer la fabrication des agglomérés de ce format et de produire des briquettes irréprochables.

Ce n'est pas dans la rigidité des cloisons qu'on doit chercher la solution du problème, à moins de donner à leur épaisseur des proportions excessives qui auraient pour conséquence de rendre le moule trop volumineux et par suite d'un usage peu pratique. M. Savy est convaincu qu'un moule de fonte avec des cloisons de tôle de fer ou d'acier doux et par conséquent cédant sans se briser à l'excès de pression d'un compartiment sur son voisin, réunirait toutes les conditions désirables de solidité et de durée. Dans le cas où des cloisons viendraient à se déformer, il serait très-facile de les remettre dans leur position normale au moyen de mandrins ayant la forme régulière d'un compartiment en bon état.

Les moules sont placés chacun sur un chariot porteur ayant la forme d'un cylindre creux. Lorsqu'un moule est sous la presse à comprimer, et que, par suite de la rupture du cuir embouti ou par toute autre cause, le piston comprimeur se trouve coincé et ne descend pas à fond de course, le chariot ne peut plus être sorti de dessous la presse, et la fabrication est arrêtée jusqu'à ce que, par un moyen quelconque, on ait réussi, à forcer le piston de descendre au fond de son pot de presse.

Il est arrivé, dans des cas pareils, d'être obligé d'arrêter l'usine pendant plusieurs jours, et en dernier lieu, à cause de l'usure du piston comprimeur, ces cas se renouvelaient assez souvent.

Pour rémédier à ce grave inconvénient, M. Savy a fait pratiquer à chaque porte-moule et du côté où ils s'engagent sous la presse à comprimer, une brèche assez large pour que le piston comprimeur puisse y passer sans obstacles quelle que soit la position qu'il occupe dans son pot de presse.

L'installation de cette machine hydraulique a été faite sans tenir compte de la situation de l'usine et des facilités que présentait l'état de lieux. L'étude n'en a pas été sérieusement faite.

Pour cette dernière raison, la production d'agglomérés de cette machine est tellement faible qu'elle devient dérisoire, eu égard à l'importance des appareils mis en œuvre.

Salaire des ouvriers. — Le prix de la journée des ouvriers employés dans cette usine est assez variable. Les hommes des petites machines gagnent 2f.75; ceux de la machine hydraulique ont 3f.25, et les enfants, femmes ou filles, 1f.50. Les chefs de poste sont payés à raison de 3f.50 par jour.

Indépendamment du prix de la journée, il existe certaines primes qui relèvent un peu le prix journalier de ce personnel.

Prix de revient. — Sans affirmer l'exactitude mathématique du prix de revient ci-dessous, M. Savy dit que les chiffres en sont déterminés avec l'approximation nécessaire pour constituer un renseignement sérieux. Il se borne à donner le résultat final ci-dessous.

Aux petites machines le prix de revient total est de 17f.2673 la tonne, et à la machine hydraulique il est de 16f.9885.

Ces chiffres s'appliquent à une fabrication annuelle de :

Pour les petites machines.	79 146	tonnes.
Pour la machine hydraulique.	15 185	—
Soit un total annuel de..	94 331	tonnes.

Le degré de cohésion des briquettes est mesuré au moyen d'un cylindre tournant sur un axe horizontal et dans lequel sont fixées trois lames de fer équidistantes de 0m.20 de largeur et ayant la longueur du cylindre.

L'essai se fait sur 50 kilogrammes de briquettes coupées en morceaux du poids de 500 grammes environ chacun, qu'on introduit dans le cylindre. Il consiste à faire exécuter au cylindre 50 révolutions en 2 minutes. Après l'opération, on retire l'essai et on le passe sur une grille dont les barreaux sont distants de 40 millimètres; on pèse ce qui reste sur cette grille et le poids trouvé constitue la proportion pour 100 ou le degré de cohésion.

La densité des agglomérés croît avec la cohésion, et il est certain qu'il existe un rapport entre elles. La densité moyenne des briquettes David est de 1.15; celle des briquettes Mazeline est de 1.27, et celle des briquettes hydrauliques est de 1.38.

M. Savy termine son mémoire en émettant un vœu : celui de voir les médecins attachés aux Compagnies où le brai est employé, chercher un remède quelconque qui mette les ouvriers qui manipulent cette matière, à l'abri de son action désorganisatrice.

M. Arson indique que la Compagnie Parisienne du gaz a cherché et a trouvé le moyen de faire des agglomérés avec des poussiers de coke. La difficulté était grande. On est parvenu au résultat par le mélange de 10 pour 100 de brai et par l'emploi d'une énorme pression. La machine Carr a rendu pour cette préparation de grands services. Il est vrai qu'elle absorbe beaucoup de force motrice, mais elle a l'avantage de broyer très-

finement les matières et surtout de mélanger en même temps, et très-intimement, le brai et le poussier, condition essentielle à remplir.

Enfin on a fait encore la remarque que l'intervention de l'eau paraît aussi essentielle. Les essais ont été faits d'abord sans eau et n'ont pas réussi. On a alors introduit de la vapeur, et le moulage a été bien meilleur; on a été amené à conclure que, non-seulement cette vapeur échauffe le brai et le rend plus agglutinant, mais encore qu'elle agit par l'eau de sa condensation pour humecter le mélange.

M. Savy dit que la machine Carr a l'inconvénient de dépenser une très-grande force motrice. A Graissessac on obtient le mélange intime dont a parlé M. Arson, par l'usage d'un doseur spécial.

M. Gillot explique le bon effet de l'eau constaté partout où l'on a fait des agglomérés, par le fait d'une décomposition de l'eau et d'une combinaison de son hydrogène avec le carbone. Il se forme un hydrocarbure, véritable goudron qui aide à l'agglomération.

M. le Président remercie M. Savy de sa communication et M. Gillot du résumé qu'il en a présenté.

MM. Arbel, Chateau et Forquenot ont été admis comme membres sociétaires, et MM. Dietz-Monnin et Pellegrin, comme membres associés.

Séance du 16 Juin 1876.

Présidence de M. L. Richard.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 juin est adopté.

M. le Président annonce le décès de MM. Rebière et Blanco-Sanches.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. Loustau, trésorier, donne communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

Il indique que le nombre de Sociétaires, qui était, au 17 décembre 1875,

de.	1263
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de.	57
	1320
A déduire, par suite de décès, pendant ce semestre. . .	8
Nombre total des Sociétaires au 16 juin 1876.	1312

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1876 se sont élevées à :

	fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant, droits d'admission, cotisations, locations de salles.	20,618 10	27,818 10
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable, exonérations et legs Nozo.	7,200 »	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .		38,980 »
Total de ce qui était dû à la Société.		66,798 10

Au 17 décembre 1875, le solde en caisse était de.	7,569 95	35,388 05
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1876 se sont élevées à.	27,818 10	
Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :		
Pour dépenses diverses, impressions, appointements, affranchissements, intérêts de l'emprunt, achat d'obligations, etc. .		23,271 15
Il reste en caisse à ce jour.		12,116 90

dont 210 fr. 72 c. appartenant au capital inaliénable.

Plus 51 obligations du Midi, ayant coûté (fonds courant).. . 16,200 45

La Société possède en outre : comme fonds social inaliénable, un hôtel représentant une valeur de 278,706 fr. 90 c.

Plus 19 obligations du Midi ayant coûté (capital inaliénable) 6,000 fr.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du Trésorier; ces comptes sont approuvés.

M. le Président adresse au nom de la Société des remerciements à M. Loustau, pour sa bonne gestion et son dévouement aux intérêts de la Société.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Francq, ingénieur-directeur de la Compagnie continentale de locomotion par la machine thermo-spécifique par laquelle cet ingénieur informe la Société que si quelques membres désiraient assister aux expériences qu'il fait en ce moment de la locomotion sans foyer, sur la ligne des tramways de Saint-Augustin à Neuilly, il s'empressera de mettre à notre disposition des cartes d'invitation.

M. le Président engage les membres qui désireraient assister à ces expériences, à vouloir bien s'adresser à notre secrétaire-archiviste, qui leur fera parvenir les cartes nécessaires.

Il est ensuite donné lecture de deux lettres de M. Lencauchez.

La première signale un ouvrage publié par Guillaumin en 1840. Cet ouvrage renferme un dessin et la description de la locomotive à air comprimé de MM. Andraud et Tessié du Motay. Pour toutes les dispositions, dilateur, cheval de renfort, appelé par M. Tessié du Motay cheval de montagne, tout est identique avec la machine de M. Mékarski; seul le dilateur

diffère peu. Celui de M. Tessié du Motay est chauffé par une grosse lampe et non par de l'eau chaude. Cette voiture a fonctionné pour la première fois le 9 juillet 1840 sur un chemin de fer ordinaire, à Chaillot.

La seconde lettre fait connaître un système de régulateur pour locomotive à air comprimé, employé en Allemagne pour l'exploitation des mines.

Cette locomotive qui fonctionne en ce moment à Kalk, près Cologne, a été construite par la Société Humboldt, et est disposée comme celle de M. Ribourt.

La distribution est à trois excentriques par cylindre ; la détente est du système Meyer disposée par des introductions variant entre 0 et 72/100 de la course des pistons.

Les blocs de détente sont déplacés par des vis comme dans le système Meyer, mais les vis sont manœuvrées au moyen d'un pignon et d'une crémaillère.

Le secteur de changement de marche n'a que trois crans : 1° marche en avant ; 2° point mort ; 3° marche en arrière.

Le mécanicien a sous la main trois leviers : 1° celui de changement de marche ; 2° celui de détente, dont le secteur a 15 crans ; 3° enfin celui du robinet ou tiroir d'introduction.

Comme le mécanicien peut arrêter la locomotive en amenant les blocs de détente au cran 0 introduction, il s'en suit que c'est avec le levier des crémaillères agissant sur les pignons des vis des blocs de détente, que cet ouvrier règle la vitesse de sa locomotive en augmentant l'introduction au fur et à mesure que la pression de l'air comprimé s'abaisse.

Il semble bien difficile de faire mieux et plus simplement, comme de manœuvrer avant ou arrière avec plus de rapidité. De plus la pression totale de l'air est toujours utilisée à l'origine, sans détente stérile, dans un réservoir régulateur.

M. le Président annonce ensuite que le Comité a décidé d'accorder deux médailles d'or : 1° celle de 1875, qui n'avait pas été donnée l'année dernière, est décernée à M. Alfred Léger pour son ouvrage intitulé : *les Travaux publics, les Mines et la Métallurgie aux temps des Romains, la Tradition romaine jusqu'à nos jours ;* 2° celle de 1876 décernée à M. de Cœne pour son mémoire sur la *Construction et l'exploitation des gares à marchandises dans les grandes villes.*

L'ordre du jour appelle la communication de M. Marché.

M. Marché donne communication d'une note sur les propriétés physiques des aciers commerciaux et l'étude des lois de la Déformation permanente.

Il expose que le développement considérable de l'emploi des aciers obtenus par les procédés Bessemer et Martin et leurs dérivés, par les Compagnies de chemins de fer pour les rails, les bandages et les essieux, et par la marine pour les tôles et les barres profilées, n'a été possible que parce

que les métallurgistes sont parvenus à obtenir des aciers de nature différente, mais nettement définie, produits à volonté et régulièrement.

En même temps que les producteurs d'acier se préoccupaient de parvenir par l'étude chimique et l'expérimentation des barreaux d'épreuves, à définir et à classer les aciers qu'ils obtenaient, suivant la provenance des fontes, la nature des procédés, la proportion de carbone dissous ou mélangé dans le fer, etc., les grands consommateurs, les chemins de fer et la marine, cherchaient parallèlement à fixer les propriétés physiques que devaient avoir les produits qui leur sont nécessaires, en imposant des conditions d'épreuve, variables suivant la nature et la pureté du métal, et suivant l'usage auquel il est destiné.

Il est résulté de ce double travail un ensemble de recherches qui permet actuellement, d'une part, de fabriquer, et de l'autre, d'appliquer le plus souvent, sous le nom d'aciers Bessemer et Martin, une série de produits ayant des propriétés parfaitement définies, variant d'un acier à l'autre, par degrés aussi rapprochés qu'on le désire, formant en un mot une gamme complète.

Dans la note présentée, sont groupés un certain nombre de documents destinés à faire saisir l'ensemble des résultats de ce double travail ; on y a rapproché les divers classements adoptés par les usines des séries d'expériences effectuées tant en France qu'à l'étranger et des conditions d'épreuves stipulées dans les cahiers des charges des constructeurs, des chemins de fer et de l'État.

Cette comparaison permet d'étudier les diverses propriétés physiques des aciers commerciaux et de donner quelques règles utiles pour la rédaction des conditions d'épreuves.

Si l'étude des propriétés de l'acier n'était envisagée qu'au seul point de vue de l'ingénieur chargé de calculer les dimensions à donner aux pièces considérées, elle se bornerait à la recherche de la limite d'élasticité et de la résistance à la rupture et à la fixation du coefficient de sécurité à adopter pour être certains que les efforts auxquels ces pièces seront soumises n'en amèneront ni la rupture, ni la déformation permanente.

Mais il ne suffit pas d'assurer par un calcul prudent et rationnel, la forme et les dimensions d'une pièce, il faut la fabriquer, il faut mettre en œuvre la matière première et la *travailler* dans des conditions déterminées.

Pour façonner le lingot, la barre et la feuille de tôle, il faut, à chaud ou à froid, les marteler, percer, limer, raboter, etc., toutes opérations qui sont plus ou moins possibles et faciles, suivant la nature de la matière première, et dépendront généralement de ce qu'on appelle la *dureté* du métal.

La *dureté* ne se manifeste que lorsque les pièces sont soumises à des efforts amenant la *déformation permanente.*

La *dureté* résulte, on le sait, de la proportion de carbone dissous ou incorporé à l'état de mélange dans le fer et cette proportion de carbone modifie les diverses propriétés de l'acier dans des conditions qui ne se manifestent que lorsque l'acier est déformé et rompu.

On verra plus loin que le coefficient d'élasticité est sensiblement le même quelle que soit la dureté de l'acier, c'est-à-dire, sa teneur en carbone. Pendant la période d'élasticité parfaite, dont la durée seule est variable, des aciers de nature, ou mieux de dureté différente, se comportent donc de la même manière. Il n'en est plus de même lorsque les efforts exercés ont amené des déformations permanentes : l'intensité et la loi d'accroissement de ces déformations varient alors avec la dureté de l'acier, et elles en donnent justement la mesure.

On est donc amené à essayer l'étude des phénomènes de la *déformation permanente* dont on se préoccupait peu lors de l'emploi exclusif du fer et de la fonte pour les usages industriels. Cette étude est indispensable par suite de la nature même des applications de l'acier; il faut ajouter que les conditions dans lesquelles les aciers commerciaux sont actuellement obtenus, assurant l'homogénéité et le groupement des molécules qui résultent des procédés par voie de fusion, rendront cette étude plus facile et plus concluante qu'elle aurait jamais pu l'être pour le fer dans la fabrication duquel les actions mécaniques des appareils de transformation jouent un trop grand rôle.

M. Marché, après ces préliminaires, analyse rapidement la partie de son mémoire relative aux propriétés physiques des aciers.

Si on considère une série d'aciers, provenant des mêmes fontes traitées par les mêmes procédés, soumis au même travail de forgeage ou de laminage, au même état de trempe ou de recuit, essayés sur des échantillons de mêmes dimensions et avec les mêmes appareils, mais différant entre eux par le dosage en carbone, toutes les propriétés, résistance, allongements, striction, etc., varieront de l'un à l'autre en raison même de la teneur en carbone.

C'est ce qui a lieu pour les classements d'usine. Ces classements ont pour base la teneur en carbone, mais ils se complètent par l'indication des caractères physiques qui se manifestent par les essais à la traction. Les classements des usines de J. Cockerill, du Creusot et de Terre-Noire, ont fait l'objet d'un exposé complet dans une précédente séance[1].

En étudiant les séries d'essais faits par des expérimentateurs distingués, dont on trouvera le résumé dans la note analysée, on pourra se rendre compte des effets de la différence de nature de fontes, du procédé de fabrication, du travail auquel le métal a été soumis, etc.

Ceux des essais qui sont coordonnés et groupés de manière à compléter avec les classements d'usines et les conditions de cahiers des charges l'ensemble des données relatives à l'influence de la teneur en carbone sur les propriétés des divers aciers, sont les suivants :

Essais de M. Bauschinger, de Munich. — Ces essais concernent une série d'aciers de teneur en carbone variant de 0.14 à 0.96 pour 100, provenant de la même origine (usines de Ternitz); ils fournissent la démonstration de

1. Voir le procès-verbal de la séance du 2 octobre 1874.

l'identité du coefficient d'élasticité, quelle que soit la teneur en carbone, et des indications utiles sur la limite d'élasticité à la flexion.

Essais de Kirkaldy. — Ces expériences si nombreuses, bien connues d'ailleurs, et dont les résultats inspirent une si grande confiance, par suite des méthodes employées, concernent des produits d'origine différente. On en peut tirer surtout des conclusions utiles en ce qui concerne les effets du forgeage, ceux du recuit et de la trempe, l'importance du phénomène de la striction de la section de rupture, l'influence des dimensions des échantillons, etc.

Essais de Knut Styffe. — Ces essais, d'une très-grande précision et d'un caractère éminemment scientifique ont été faits sur des fers et des aciers, d'origine suédoise pour la plupart. Ils fournissent des renseignements précieux sur la détermination de la limite d'élasticité et sur la loi d'accroissement des allongements permanents.

Essais du colonel Rosset. — Ces essais, faits au point de vue spécial des applications à l'artillerie, concernent des aciers et des fers aciéreux de provenances diverses, pour frettes et canons; ils donnent des résultats intéressants en ce qui concerne spécialement la constance du coefficient d'élasticité et la valeur des allongements permanents et élastiques sous des efforts supérieurs à la limite d'élasticité.

Quant aux conditions stipulées dans les cahiers des charges des Compagnies de chemins de fer, elles sont le plus souvent basées sur les effets de la flexion permanente des pièces soumises à des chocs successifs; ce n'est donc qu'après l'étude de la flexion permanente qu'on pourra établir la corrélation qui existe entre ces conditions et les propriétés définies par les essais à la traction.

Dans les réceptions faites pour vérifier ces stipulations pour les rails, les essieux, les bandages, on procède généralement en prenant une certaine quantité de pièces, sur des lots présentés, et on les déforme et les rompt à l'aide de coups de mouton successifs. Cette méthode est coûteuse et on est en droit de se demander si elle donne des garanties suffisantes sur la qualité de toutes les pièces du lot reçu. On est actuellement assez bien fixé dans chaque Compagnie sur la nature d'acier qu'on désire, on définit nettement cette nature d'acier par les conditions de réception stipulées, et ce qu'il importe d'assurer, c'est la régularité de la fabrication.

Quelques Compagnies trouvent cette garantie dans des essais à la traction faits sur des témoins préparés pour chacune des coulées.

M. Marché signale à ce point de vue les expériences faites par M. Smith sur des rails Bessemer, à l'usine de Barrow, et qui montrent qu'on peut trouver des indications très-précises sur la nature de l'acier employé pour chaque rail fabriqué, en mesurant l'effort nécessaire pour poinçonner les trous d'éclisses.

Les trous d'éclisses dans les rails d'acier ne se font pas ordinairement à

la poinçonneuse, mais au foret; mais, comme il a été démontré que l'action du poinçon est toute locale et que le métal n'est altéré que dans une zone circulaire de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, il n'y a aucun inconvénient à percer les trous d'éclisse avec une poinçonneuse en ayant le soin de donner au poinçon un diamètre inférieur à celui du trou qu'on alèse ensuite au diamètre définitif.

Il suffit alors de disposer la poinçonneuse de manière à permettre de mesurer l'effort nécessaire au poinçonnage pour avoir, pour chaque rail, ainsi essayé individuellement, la mesure de sa dureté.

Les chiffres suivants montrent dans quelles limites on peut admettre que la résistance au cisaillement, la résistance à la traction, l'allongement, etc., sont en relation constante avec la teneur en carbone.

Expériences sur des rails Bessemer de l'usine Barrow.

	TENEUR EN CARBONE.	Effort nécessaire pour poinçonner un trou de 22 m/m 225 de diamètre Épaiss. 19 m/m.	Résistance au cisaillement par m/m² correspondante	Effort de flexion donnant une flèche permanente $l = 0.914$	ESSAIS A LA TRACTION.	
					Charge de rupture par m/m².	Allongement pour 100 sur 50 m/m 8 de longueur.
		kil.	kil.	ton.	kil.	pour 100.
Rails doux.	0.28	47.380	35.6	19.235	48.60	36.25
	0.29	49.670	37.4	20.554	51.17	34.5
	0.30	50.110	37.7	20.808	51.82	34.9
	0.32	51.750	38.9	20.978	51.97	32.0
Rails durs.	0.36	57.640	43.4	23.345	58.23	26.0
	0.40	59.180	44.5	23.345	59.19	24.5
	0.45	66.170	50.1	26.390	69.22	16.5
	0.50	75.620	56.9	28.420	72.00	3.0
	0.57	83.700	63.0	31.465	78.15	3.0

On remarquera que l'essai à la flexion et l'essai à la traction donnent le même classement des produits que la résistance au poinçonnage, et que la teneur en carbone, et les trois séries d'essais peuvent s'effectuer sans détruire un seul rail.

Ces chiffres, comme tous ceux des classements d'usine et ceux des séries d'essais citées plus haut, montrent que la résistance à la rupture dans les essais à la traction sur des aciers de même origine, et amenés à la même forme et aux mêmes dimensions par le travail de la fabrication, augmente avec la teneur en carbone et par conséquent avec la dureté.

Mais il faut remarquer que ce fait n'est vrai que tant que la proportion de carbone ne dépasse pas 0.8 à 1.2 pour 100; au delà de 1.2 pour 100 la résistance diminue.

Ce fait d'un maximum de résistance correspondant à une teneur en carbone d'environ 1 pour 100 s'explique par les considérations suivantes :

La résistance à la rupture R, dont il est question ici, est rapportée à la section primitive, mais la rupture n'a lieu qu'après que la tige s'est allongée et sa section transversale réduite dans une proportion d'autant plus grande que l'acier considéré est moins dur. Si F est la résistance à la rupture par millimètre carré de la section de rupture, qui est une fraction Σ de la section primitive, on a : $R = \Sigma \times F$.

Or, on observe que l'effort F sous lequel la cohésion du métal est détruite est d'autant plus grand que le métal est moins carburé, et diminue graduellement à mesure que la teneur en carbone augmente, depuis l'acier extra-doux à 0.15 pour 100 de carbone, pour lequel cet effort atteint 120 kilogrammes par millimètre carré, jusqu'à la fonte dont la résistance descend jusqu'à 15 kilogrammes par millimètre carré ; mais d'autre part la réduction de section dans la partie rompue est presque nulle lorsque la teneur en carbone atteint environ 1 pour 100, c'est-à-dire que le rapport Σ de la section de rupture à la section primitive qui est de 0.250 à 0.300 pour les aciers très-peu carburés, atteint une valeur très-voisine de 1, dès que la teneur en carbone est de 1 pour 100.

On aurait alors par exemple, pour les produits suivants :

DÉSIGNATION.	F.	Σ.	$R = \Sigma \times F$.
	kil.		
Acier très-doux à 0.15 de carbone.	120	0.250	30
Acier doux à 0.30 —	114	0.395	45
Id. à 0.50 —	105	0.600	63
Acier dur à 0.70 —	95	0.800	76
Id. à 0.80 —	90	0.900	81
Id. à 1.00 —	80	0.950	76
Fonte à 4 ou 5 %......	15	0.930	14.

Quoi qu'il en soit, la valeur de la résistance à la rupture est certainement la propriété de l'acier qui en dénote le plus sûrement le dégré de dureté, et par conséquent la teneur en carbone.

Pour les aciers commerciaux, dont la proportion de carbone est comprise entre 0.15 et 0.80 pour 100, on peut admettre que cette résistance est sensiblement proportionnelle à la teneur en carbone.

Ainsi on trouve entre la résistance R et le dosage du carbone γ, les relations suivantes, en prenant les chiffres des divers classements d'usine :

Classement de J. Cockerill. . . . . $R = 70\,\gamma + 30$ kil.
Classement de Terre-Noire. . . . . $R = 75\,\gamma + 32$
Classement du Creusot, série A (aciers ordinaires) $R = 80\,\gamma + 21$
— série C (aciers de qualité supérieure). . . . . . . $R = 80\,\gamma + 25$

Les différences dans les valeurs des résistances, pour une même valeur de γ qu'on constate entre ces divers classements, résultent des différences

de nature des fontes traitées et de la présence d'autres éléments : phosphore, silicium et manganèse qui modifient la qualité de ces aciers de provenances variées.

On complète la définition des aciers en indiquant avec la résistance à la rupture soit la *striction* Σ, rapport de la section de rupture à la section primitive, soit l'allongement permanent à la rupture A.

M. Marché rappelle qu'il a donné déjà à la Société[1] des détails sur les circonstances nombreuses résultant de la forme et des dimensions des éprouvettes, qui influent sur la détermination de l'allongement à la rupture. Il se borne ici à faire remarquer que cette détermination utile au point de vue de la définition des aciers ne suffit pas à l'étude complète de la déformation permanente, et qu'il faut joindre la recherche des allongements, des raccourcissements et des flexions produites sur des pièces de dimensions et de nature données sous l'action de charges supérieures à celle correspondant à la limite d'élasticité et inférieures à celle qui produit la rupture.

En résumé les trois problèmes à poser sont les suivants :

Étant connues la teneur en carbone d'un acier et ses propriétés physiques : résistance, striction et allongement à la rupture :

1° Déterminer les allongements permanents et les modifications de forme que prendra une tige soumise à la traction;

2° Déterminer les flèches permanentes que prendra une pièce de forme donnée soumise à la flexion;

3° Déterminer ces flèches permanentes sous l'action des chocs successifs.

M. Marché, abordant la solution de ces trois problèmes, d'un intérêt très-pratique, expose en détail les expériences qui permettent de formuler les lois reliant les déformations produites aux charges correspondantes, il insiste sur la constance du coefficient d'élasticité quel que soit le degré de dureté, et donne diverses indications sur la valeur de la limite d'élasticité, le coefficient de déformation permanente, la limite de la déformation régulière, etc.

L'heure avancée obligeant M. Marché à remettre à la prochaine séance la fin de sa communication, ces indications seront résumées dans le prochain procès-verbal avec la théorie de la flexion permanente.

1. Voir le procès-verbal de la séance du 25 octobre 1875.

MÉMOIRE

SUR UNE

NOUVELLE FORMULE

DE JAUGEAGE DES COURS D'EAU

PAR MM. GANGUILLET ET KUTTER

PAR M. ACHILLE BAZAINE.

INTRODUCTION.

Ayant eu dernièrement à m'occuper d'un projet de canal en Italie, j'ai eu occasion d'y appliquer une formule très-usitée en ce pays depuis quelques années pour le jaugeage des cours d'eau, et connue sous le nom de formule de Kutter.

Cette formule a été étudiée déjà par M. Bazin, ingénieur des ponts et chaussées, dans un mémoire inséré aux *Annales des ponts et chaussées*, en 1871, n° 1 ; on la trouve exposée en détail dans deux mémoires publiés en 1869 et 1870, par M. Kutter, ingénieur à Berne ; le dernier a été traduit en italien, dès 1871, par M. Dal Bosco, qui en a fait l'objet d'une communication au *Collége des Ingénieurs et Architectes de Milan*. L'illustre mathématicien Brioschi a consenti à accompagner cette traduction d'une introduction, et le traducteur y a lui-même ajouté quelques notes et commentaires.

J'ai pensé que le travail de M. Kutter méritait d'être plus connu en France qu'il ne peut l'être par les quelques pages de critique qu'y a consacrées M. Bazin dans les *Annales*, et que la Société entendrait avec un certain intérêt quelques détails concernant une question encore fort obscure, et dont les ingénieurs ont souvent à s'occuper.

Je commencerai par indiquer brièvement l'état actuel de la science

hydraulique au point de vue spécial des formules de jaugeage des cours d'eau; j'exposerai ensuite la composition et l'usage de la formule nouvelle; je terminerai par un examen critique et une comparaison avec les autres formules.

I

Préliminaires.

Jusque vers 1850, les formules de Prony et Eytelwein, fondées sur un petit nombre nombre d'expériences déjà anciennes dues à Dubuat ou à des hydrauliciens allemands, furent seules employées dans ces calculs.

On les trouve encore seules aujourd'hui dans les traités classiques d'hydraulique de MM. Bresse et Nadault de Buffon et dans les divers aide-mémoire.

Mais vers cette époque et presque simultanément MM. Darcy et Bazin, d'un côté, les ingénieurs militaires américains Humphreys et Abbot d'autre part, à la suite de nombreuses expériences, dans des conditions très-diverses, firent faire à la science un pas considérable par l'introduction dans les formules d'éléments dont on n'avait pas encore tenu compte. En effet, dans la formule de Tadini, dérivée de celle d'Eytelwein, $V = c\sqrt{RI}$, le coefficient c est constant et égal, en prenant le mètre comme unité, à 50 environ. Or M. Darcy trouva que ce coefficient variait très-notablement avec l'état de rugosité des parois et avec les dimensions du canal; dans certains cas même, c est fonction de la pente, ainsi que l'a montré M. Bazin en observant l'écoulement de l'eau dans les canaux artificiels; d'autre part, les observations sur le Mississipi et ses affluents, publiées en 1861 et connues en France depuis la brochure de M. l'ingénieur Fournié, en 1867, tendent à supprimer l'influence des parois et des dimensions pour augmenter celle de la pente.

Mon intention n'est pas de discuter les expériences américaines, je renvoie pour cette étude au mémoire de M. Bazin; j'insiste seulement sur ce fait, important pour l'intelligence de la formule de Kutter, c'est que ces expériences ont été faites sur des cours d'eau à pentes très-faibles et de très-grandes dimensions; et que la formule Humphreys-Abbot renferme un coefficient qui varie rapidement avec la pente, de

telle sorte qu'elle devient absolument inapplicable en dehors des limites de leurs expériences, et notamment aux canaux à fortes pentes étudiés par M. Bazin; le sens même de la variation du coefficient est absolument renversé, et l'influence de la pente devient faible par rapport à celle du rayon moyen et de l'état des parois.

Je ne fais aussi que noter, sans m'y arrêter, les formules de MM. de Saint-Venant, Gauckler, Hagen, Bornemann dans lesquelles la valeur du rapport $\frac{RI}{U^2}$ est exprimée par un monôme de la forme :

$\frac{RI}{U^2} = \frac{b\,I^\alpha}{R^\beta\ U^\gamma}$, α, β, γ étant des fractions.

Dans les formules Darcy et Bazin, Humphreys et Abbot, Ganguillet et Kutter, ce rapport est au contraire exprimé par une fonction binôme.

II

Formule Ganguillet et Kutter.

J'arrive à l'objet principal de cette note, en montrant d'abord comment les deux ingénieurs suisses ont été conduits à rechercher et à proposer de nouvelles formules.

Un mémoire de M. Kutter, publié en 1868, dans l'*Allgemeine Bauzeitung*, expose les résultats de l'application des formules de Darcy-Bazin et Humphreys-Abbot aux mesures directes faites à diverses reprises sur des torrents et des canaux de la Suisse. Le résultat de cette comparaison fut qu'aucune de ces formules ne pouvait répondre à l'ensemble des expériences; et que, pour arriver à établir une formule générale, il fallait modifier la formule Darcy-Bazin en y introduisant l'influence de la pente et un coefficient variable suivant la nature des parois pour représenter les différentes séries.

« Dans ce but, dit M. Dal Bosco, dans l'ouvrage précité, il parut nécessaire de recueillir toutes les expériences existantes et d'en exécuter de nouvelles, nombreuses, dans les meilleures conditions d'exactitude dans la mesure des vitesses, avec l'indication des diverses données et une description précise des cours d'eau. »

De ces travaux minutieux et détaillés naquirent les deux mémoires

dont j'ai déjà parlé : Le premier publié en 1869 dans le *Zeitschrift des Ost. Ing. und Arch. Vereins*, donne l'exposition analytique d'une formule générale, dite *formule Ganguillet et Kutter*, et présente un tableau de la comparaison de cette formule avec les résultats de deux cent dix expériences, ainsi que des tables et un tracé graphique destinés aux applications pratiques.

Le second mémoire, beaucoup plus étendu, porte le titre suivant: *Nouvelles formules du mouvement de l'eau dans les canaux et cours d'eau à lits réguliers* et a paru en 1870 dans l'*Allgemeine Bauzeitung*. Traduit en italien par M. Dal Bosco, ainsi qu'il a été dit plus haut, ce Mémoire contient une étude détaillée et comparative des diverses formules de jaugeage proposées ou usitées aujourd'hui, et renvoie au Mémoire de 1869 pour les détails relatifs à la nouvelle formule générale proposée par MM. Ganguillet et Kutter. C'est donc dans ce premier travail que nous aurons particulièrement à puiser pour ce qui va suivre.

La formule générale proposée par MM. Ganguillet et Kutter est la suivante :

$$\frac{U}{\sqrt{RI}} = c = \frac{23 + \frac{0,00155}{I} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}.$$

Le mètre est pris comme unité de longueur.

Voyons quelles en sont les propriétés caractéristiques, et comment on est parvenu à en déterminer les éléments.

Ainsi que je l'ai dejà dit, le coefficient c doit varier :

1° Avec la nature plus ou moins rugueuse des parois;

2° Avec la valeur du rayon moyen;

3° En sens inverse de la pente pour de grandes valeurs de R et de faibles valeurs de I, et en sens direct pour de petites valeurs de R et de grandes valeurs de I.

L'établissement d'une formule générale présentait donc un assez haut degré d'indétermination et de complication.

La formule de Bazin fut prise comme point de départ, à cause de sa généralité. Cette formule est la suivante :

$$\frac{RI}{U^2} = A = \alpha + \frac{\beta}{R};$$

d'où :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{\beta}{R}}} = \sqrt{\frac{a}{1 + \frac{b}{R}}},$$

en posant :

$$\frac{1}{\alpha} = a, \ \frac{\beta}{\alpha} = b.$$

En comparant cette formule et les deux suivantes :

$$c = \frac{a'}{1 + \frac{b'}{\sqrt{R}}}, \qquad c = \frac{a''}{1 + \frac{b''}{R}}$$

avec les résultats du calcul direct de c, d'après huit séries d'expériences de M. Bazin, on trouva que la seconde était plus satisfaisante, et elle fut substituée à la première.

Il faut y introduire l'influence de la nature des parois. Un procédé qui facilite singulièrement de pareils problèmes, c'est la traduction graphique des formules. Or, la précédente peut s'écrire :

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{a'} + \frac{b'}{a'} \frac{1}{\sqrt{R}}.$$

Si l'on prend comme ordonnées $\frac{1}{c}$ et comme abscisses $\frac{1}{\sqrt{R}}$, on a l'équation d'une droite, ayant comme ordonnée à l'origine $\frac{1}{a'}$ et comme coefficient angulaire $\frac{b'}{a'}$.

En appliquant cette construction à un grand nombre d'expériences, on voit que a' et b' sont tous deux variables. MM. Kutter et Ganguillet ont trouvé qu'en appelant n un coefficient variable avec la nature des parois, a et l des constantes, on pouvait admettre les relations suivantes :

$$b' = na' - l, \quad a' = a + \frac{l}{n};$$

d'où :

$$b' = an.$$

La formule devient donc :

$$c = \frac{a + \frac{l}{n}}{1 + \frac{an}{\sqrt{R}}}.$$

Il s'agit maintenant d'introduire dans les termes de c une fonction de I telle que c varie en sens inverse de I pour de grandes valeurs de R et dans le même sens pour les petites valeurs de R. On y est parvenu en ajoutant à l'expression de a' le terme $\frac{m}{I}$, ce qui donne :

$$b' = \left(a + \frac{m}{I}\right) n$$

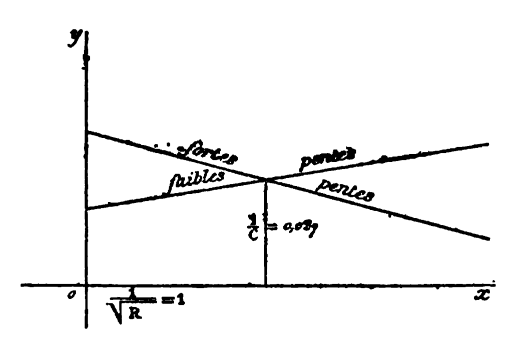
et conduit à la forme définitive :

$$c = \frac{a + \frac{l}{n} + \frac{m}{I}}{1 + \left(a + \frac{m}{I}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}.$$

Afin de justifier cette dernière modification on réunit, par séries correspondantes à des pentes sensiblement égales et peu différentes de celles observées sur le Mississipi, un grand nombre d'expériences faites en Europe sur des cours d'eau de grandes dimensions et comparables au point de vue de la nature de leurs lits; on y ajouta un certain nombre des expériences faites sur le Mississipi. En portant sur deux axes coordonnées les valeurs de $\frac{1}{c}$ et de $\frac{1}{\sqrt{R}}$, on vit que les points correspondants à des pentes égales étaient disposés en lignes droites, lesquelles concouraient toutes en un point ayant comme coordonnées

$$\frac{1}{c} = 0{,}027, \ \frac{1}{\sqrt{R}} = 1.$$

En outre, les droites se trouvaient rangées dans l'ordre même des



pentes, ou, en d'autres termes, les valeurs minima de c correspon-

daient aux pentes maxima, ce qui répond bien aux résultats obtenus par MM. Humphreys et Abbot.

Il résulte de la convergence de toutes ces droites, que si l'on considère les portions situées au delà du point du concours, ces portions se présentent en sens inverse des pentes; ce qui répond encore à cette deuxième condition résultant des expériences faites en Europe sur les cours d'eau à petite section $\left(\frac{1}{\sqrt{R}} > 1\right)$, à savoir que les valeurs de c doivent varier dans le même sens que les pentes.

Les mêmes recherches furent étendues aux petits canaux d'expériences de M. Bazin, et on obtint le même point de concours

$$\frac{1}{c} = 0{,}027, \quad \frac{1}{\sqrt{R}} = 1$$

pour des pentes variant entre 0,0014678 et 0,1007600.

La formule se trouve donc complétement justifiée.

Restait à calculer les coefficients constants l, a, m.

DÉTERMINATION DE l.

On a vu plus haut que le point ayant pour coordonnées

$$\frac{1}{c} = 0{,}027 \quad \text{et} \quad \frac{1}{\sqrt{R}} = 1$$

appartenait à toutes les droites comprises dans l'équation

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{a'} + \frac{b'}{a'}\frac{1}{\sqrt{R}};$$

d'où la relation suivante :

$$0{,}027 = \frac{b'+1}{a'} = \frac{n\left(a+\frac{m}{I}\right)+1}{a+\frac{l}{n}+\frac{m}{I}}$$

qui subsiste quel que soit I, soit pour $I = \infty$:

$$l = \frac{n}{0{,}027}\left[a(n - 0{,}027) + 1\right].$$

On voit de suite que cette relation est satisfaite par $n = 0{,}027$, $l = 1$; or la valeur $n = 0{,}027$ appartient aux cours d'eau coulant dans un lit

de terre, c'est-à-dire à un grand nombre de rivières; elle entre donc dans la série des valeurs de n qui se retrouvent dans les expériences figurées par le faisceau de droites concourantes. On peut donc admettre la valeur : $l=1$.

DÉTERMINATION DE a.

On a mesuré d'abord les ordonnées à l'origine des droites représentant les expériences du Mississipi et les expériences comparables en Europe (sur la Seine, la Saône, la Haine et le canal du Jard), d'après l'équation : $\frac{1}{c}=\frac{1}{a'}+\frac{b'}{a'}\frac{1}{\sqrt{R}}$. Connaissant les valeurs de $\frac{1}{a'}$, on a construit la droite représentée par l'équation : $a'=a+\frac{l}{n}+\frac{m}{I}$, en prenant commme abscisses 10 valeurs de $\frac{1}{I}$; l'ordonnée à l'origine $a+\frac{l}{n}$ a été trouvée égale à 60; faisant $l=1$, $n=0{,}027$, on a donc :

$$a=60-\frac{1}{0{,}027}=23.$$

DÉTERMINATION DE m.

Dans l'équation de la droite déduite des 10 expériences ci-dessus mentionnées, m est le coefficient angulaire, et l'on a : $m=(a'-60)I$.

On chercha la moyenne des coordonnées des points correspondants aux deux plus faibles valeurs de I, et l'on trouva :

$$I=0{,}00000363,\quad a'=487;$$

d'où l'on déduit : $m=0{,}00155$.

VALEUR DU COEFFICIENT n.

La formule ne contient plus qu'un coefficient n. Le choix de la valeur à adopter dans chaque cas pour n est assez délicat. Il faut, en effet, tenir compte non-seulement de la nature du fond, mais du plus ou moins de régularité d'écoulement des filets liquides, des sinuosités du lit, de la présence des herbes aquatiques, et même de la profondeur d'eau dans les lits à fond de sable et de graviers. C'est ainsi que des mesures directes faites sur le Rhin ont donné pour n, en trois points différents, les valeurs : $n=0{,}023$, $n=0{,}028$, $n=0{,}030$.

MM. Ganguillet et Kutter ont fixé, pour six types moyens correspondants à différents degrés de rugosité, les valeurs à adopter pour n ; ce sont les suivantes :

1° Canaux en bois parfaitement rabotés ou enduits d'une couche de ciment bien unie :

$$n=0{,}010\,;\quad a+\frac{1}{n}=123\,;$$

2° Canaux à parois en planches :

$$n=0{,}012\,;\quad a+\frac{1}{n}=100\,;$$

3° Canaux en pierre de taille ou en moellons bien dressés :

$$n=0{,}013\,;\quad a+\frac{1}{n}=100\,;$$

4° Canaux en maçonnerie ordinaire :

$$n=0{,}017\,;\quad a+\frac{1}{n}=82\,;$$

5° Canaux en terre, rivières et torrents :

$$n=0{,}025\,;\quad a+\frac{1}{n}=36\,;$$

6° Fonds de gros graviers et plantes aquatiques :

$$n=0{,}030\,;\quad a+\frac{1}{n}=56.$$

L'ingénieur devra faire rentrer dans l'une de ces catégories le cours d'eau dont il s'occupe, et prendre pour n une valeur voisine de celle indiquée par le tableau précédent, d'après l'appréciation qu'il fera des circonstances susceptibles de diminuer la vitesse de l'écoulement.

La formule que je viens d'analyser est compliquée et ne peut entrer dans la pratique que par l'emploi des tables. MM. Ganguillet et Kutter ont en effet construit plusieurs tables destinées à faciliter les calculs :

1° Une table des valeurs de n déduites d'un grand nombre d'expériences ;

2° Une table des valeurs de $a+\frac{1}{n}$ et $\frac{m}{I}$ pour les valeurs de n croissantes de 0,0005, depuis 0,009 jusqu'à 0,04, et de I variant de 0 à 0,1 ;

3° Une table des valeurs de a' et b' pour six catégories de valeurs de n et pour des valeurs de I variant de 0 à 0,1. Enfin, ils ont publié en 1870 des tables nouvelles qui donnent pour trois valeurs de n, c'est-à-dire pour trois catégories de fonds correspondantes aux cas les plus ordinaires de la pratique et pour une forme déterminée de section, les vitesses moyennes et les débits par seconde, étant données les largeurs de fonds, les pentes et les profondeurs d'eau. Ces dernières étant destinées à une grande utilité pratique, je m'arrêterai un moment sur leurs dispositions.

Le profil des sections types adopté est un trapèze incliné à 1 1/2 : 1.

La première catégorie, correspondante à $n = 0{,}025$, s'applique aux cours d'eau coulant dans un lit de terre ou d'argile dépourvu de pierres, de plantes aquatiques, bien régulier et entretenu avec soin. Un premier tableau donne les valeurs de c pour des pentes variant de 0,00002 à 0,001, et des rayons moyens variant de $0^m{,}1$ à $6^m{,}0$. Ces valeurs de c varient depuis 32,4 ($R = 95$, $I = 0{,}00005$) jusqu'à 69,6 ($R = 6$, $I = 0{,}00002$). Pour des pentes plus fortes que 0,001, c reste invariable.

On retrouve, d'ailleurs, sur ce tableau, le changement de sens de la variation de c avec les pentes, changement qui s'effectue pour $R = 1$, $c = 40$.

La table proprement dite se compose d'une série de tables particulières correspondantes à des profondeurs d'eau variables de $0^m{,}2$ à $6^m{,}0$; chacune admet comme arguments les pentes entre 0,00005 et 0,003, et les largeurs au fond, entre des limites variables, qui dépendent de la profondeur pour laquelle est calculée la table. Enfin, à chacune des valeurs prises deux à deux des arguments correspondent deux chiffres; l'un pour la vitesse, l'autre pour le débit; ce second en caractères plus forts que le premier. Les chiffres les plus élevés de cette catégorie sont une vitesse de $4^m{,}583$ et un débit de 7,672 mètres cubes correspondants à une largeur de fond de 270 mètres, une pente de 0,0014 et une profondeur d'eau de $6^m{,}00$.

La seconde catégorie correspond aux cours d'eau à fonds irréguliers, peu entretenus et présentant des pierres ou des plantes aquatiques; on a : $n = 0{,}030$.

Le coefficient c a naturellement des valeurs respectivement inférieures aux précédentes et varie de 26,5 à 60. La table des vitesses et des débits est disposée comme la précédente.

Dans la troisième catégorie sont les cours d'eau à fonds de gravier, très-pierreux, couverts d'herbes, irréguliers et non entretenus, $n=0{,}035$. c varie entre 22,6 et 40 ($R=3{,}2$, $I=0{,}00005$). Les hauteurs d'eau ne dépassent pas $3^m{,}50$ et les largeurs de fonds 72 mètres.

Un complément nécessaire de ces tables est un appendice contenant les coefficients de correction des chiffres des vitesses et débits pour cinq formes de section différentes de la section type; les talus sont respectivement de 1 : 0; 1 : 0,5; 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3.

Il est à désirer que les tables, que nous venons de décrire, soient publiées en France, ainsi qu'elles l'ont été en Allemagne (1870), puis en Italie, à la suite de la traduction de M. dal Bosco.

En outre des tables précédentes, M. Kutter a fait connaître dans son premier mémoire un procédé graphique fort simple pour déterminer l'une des quantités c, R, n, I, connaissant les trois autres.

III

Critique de la formule Ganguillet-Kutter.

Il me reste à étudier la formule Ganguillet-Kutter au point de vue de l'exactitude des résultats qu'elle peut fournir, en la comparant particulièrement à celle de M. Bazin.

Les deux formules présentent une première différence que j'ai signalée, et qui consiste dans la substitution de la formule

$$\frac{a}{1+\frac{b}{\sqrt{R}}} \quad \text{à} \quad \sqrt{\frac{a}{1+\frac{b}{R}}};$$

on se rapproche davantage ainsi des valeurs de c déduites d'observations directes.

La seconde différence, beaucoup plus importante, est l'introduction de l'influence de la pente dans la valeur de c. M. Bazin, dans son mémoire déjà cité, n'admet pas que cette introduction soit justifiée, surtout sous une forme qui permet de changer le sens de la variation de c avec la pente, suivant que le rayon moyen est plus ou moins grand. En

effet, d'après M. Bazin, les résultats sur lesquels est basée cette anomalie, inexplicable dans une loi naturelle, sont peu certains, tant à cause de leur petit nombre (30) qu'à cause des difficultés particulières inhérentes aux mesures directes sur des cours d'eau à très-grande section et à pentes insensibles; les procédés de mesure eux-mêmes ne sont pas irréprochables. « En résumé, ajoute M. Bazin, nous persistons à croire que MM. Humphreys et Abbot ont été beaucoup trop hardis dans leurs déductions générales; s'ils avaient eu à leur disposition la totalité des expériences d'Europe, dont ils n'ont connu qu'une très-faible partie, ils seraient parvenus à des conclusions toutes différentes. »

L'avantage de la formule Ganguillet-Kutter ne serait donc nullement établi au point de vue de l'influence de la pente, telle est la conclusion de M. Bazin. Je crois cette opinion trop radicale; car s'il est vrai que les expériences américaines et les quelques expériences européennes connues des ingénieurs américains ne sont ni nombreuses, ni toutes également précises, d'autre part, il est évident que l'influence de la pente ne peut réellement s'accuser nettement que dans le cas où celle de la rugosité des parois s'affaiblit, par suite des grandes dimensions des cours d'eau. On peut donc logiquement admettre l'existence de la loi énoncée par MM. Humphreys et Abbot, malgré son caractère anormal, puisque les conditions de leurs expériences étaient précisément moins susceptibles de la dissimuler, ce qui n'est pas le cas des expériences faites sur les canaux de petites dimensions, ainsi que nous allons le montrer plus loin. La formule Ganguillet et Kutter est donc justifiée dans le cas de cours d'eau de grandes dimensions et de très-faibles pentes, d'autant que l'emploi en est beaucoup plus simple que celui de la formule américaine.

Il est un cas où les résultats de la formule sont moins satisfaisants; c'est celui des canaux à parois lisses, à petites dimensions et à pentes dépassant 0,0001, comme la plupart des canaux artificiels; on a vu, en effet, que pour les valeurs de I supérieures à 0,0001, les valeurs de c restent invariables; c'est même par ce caractère que MM. Ganguillet et Kutter ont cherché à rapprocher leur formule, dans le cas dont il s'agit, de celle de M. Bazin. Or, plusieurs expériences (séries 28, 29, 30, 31) tendent à attester, au contraire, dans certaines circonstances, une influence notable de la pente sur la valeur de c. Malheureusement, les circonstances dans lesquelles se produit ce phénomène n'ont pu être fixées avec précision, de sorte que M. Bazin, après avoir proposé d'in-

troduire I dans sa formule, afin de la rendre plus conforme aux résultats observés, a fini par renoncer à cette modification. Sa formule générale, ainsi que celle de Ganguillet-Kutter, sont donc toutes deux également insuffisantes dans certains cas, sans qu'il soit, jusqu'à présent, possible d'indiquer avec certitude les corrections à apporter à l'une et à l'autre d'une manière générale. On peut citer à l'appui de cette insuffisance des deux formules l'exemple rapporté dans le mémoire de M. Bazin, tiré d'expériences sur l'aqueduc de la Dhuys, les mesures directes donnent pour le coefficient $A = \frac{1}{c^2}$ une valeur d'environ 0,000260, tandis que les formules Ganguillet-Kutter et Bazin donnent respectivement 0,000151 et 0,000143 ou 0,000153.

Une pareille lacune est certainement fort regrettable, vu l'utilité pratique d'une formule dans les cas très-fréquents dont il s'agit, mais l'état actuel de la science ne permet pas encore de la combler.

M. Kutter a comparé, dans un tableau de 210 expériences, les résultats donnés par sa formule et celles d'Humphreys-Abbot et Bazin, avec ceux des mesures directes. Cette comparaison peut s'effectuer de trois manières, en prenant la moyenne par série :

1° Des erreurs relatives dues à chaque formule;

2° Des erreurs absolues, abstraction faite des signes;

3° De ces mêmes erreurs, en tenant compte des signes. Il est arrivé, dans ces trois modes de comparaison, aux résultats suivants :

	HA	B	GK
1er mode (moyenne des erreurs relatives)................	35.13	4.97	1.41
2e mode (moyenne de la somme algébrique des erreurs)...	27.12	5.58	2.08
3e mode (moyenne de la somme arithmétique des erreurs).	26.80	5.10	0.81

On peut aussi comparer, sous ces trois mêmes formes, les nombres des résultats les plus satisfaisants donnés par les trois formules, et l'on arrive aux chiffres suivants :

	HA	B	GK
1er mode (moyenne des erreurs relatives)................	22	49	165
2e mode (moyenne de la somme algébrique des erreurs)...	18	42	155
3e mode (moyenne de la somme arithmétique des erreurs).	18	42	155

On est donc en droit de conclure que si la formule Ganguillet-

Kutter ne peut prétendre à représenter théoriquement l'universalité des cas qui peuvent se présenter, elle a certainement le mérite de s'appliquer, mieux qu'aucune autre, à tous les cas que l'on pourra identifier avec l'une des 210 expériences qui ont servi à l'établir. On ne saurait logiquement demander davantage aujourd'hui à une formule empirique, et il est à espérer que, mieux connue et accompagnée de la publication française des diverses tables calculées par Kutter, elle entrera définitivement dans la pratique habituelle de nos ingénieurs, qui suivront en cela l'exemple donné par leurs confrères italiens, sur la terre classique des grandes applications de la science hydraulique.

APPENDICE.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE LA FORMULE DE KUTTER. — DÉMONSTRATION DE SES PROPRIÉTÉS ET DÉTERMINATION DE LA CONSTANTE l.

La formule de Kutter et les divers éléments dont elle se compose sont susceptibles d'une représentation graphique, qui a l'avantage de faire ressortir clairement le sens des divers coefficients a, l, m, n.

Considérons la formule sous sa forme générale :

$$c = \frac{z}{1 + \frac{x}{\sqrt{R}}}.$$

Prenons comme abscisses les valeurs de $\sqrt{R}$ et comme ordonnées celles de c. La formule devient l'équation d'une hyperbole équilatère rapportée à des axes parallèles à ses asymptotes, et se coupant sur la courbe.

En effet, soit : (1) $XY = k^2$ l'équation d'une hyperbole équilatère rapportée à ses asymptotes (fig. 1); transportons l'origine en un point O′ (α, β) de la courbe, les axes restant parallèles à eux-mêmes; si l'on appelle X′, Y′ les nouvelles ordonnées d'un point de la courbe, on aura :

$X' = O'P' = -(O'S - P'S) = -(\alpha - X) = X - \alpha$; d'où : $X = X' + \alpha$. En comptant les Y′ positifs de haut en bas, sur O′Y′ et non sur O′Y″, on a de même : $Y' = -O'Q' = -(MP - PP') = -(Y - \beta) = \beta - Y$; d'où : $Y = \beta - Y'$. Substituant dans l'équation (1), il vient : $(X' + \alpha)(\beta - Y) = k^2$, ou, en effaçant les accents et tenant compte de la relation : $\alpha\beta = k^2$:

$$\beta X - \alpha Y - XY = 0,$$

ou enfin (2) $Y = \frac{\beta X}{X + \alpha} = \frac{\beta}{1 + \frac{\alpha}{X}}$, équation de forme identique à la proposée.

On peut aisément construire cette hyperbole. On a en effet :

$$\frac{Y}{X}=\frac{\beta}{X+\alpha}; \quad \text{ou} \quad \frac{O'Q'}{O'R}=\frac{PP'}{OR-PR}=\frac{PP'}{OP},$$

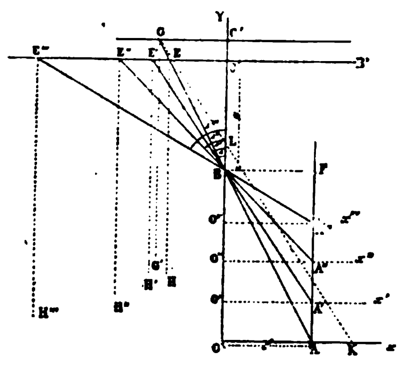
c'est-à-dire que ces trois points O, P′, Q sont en ligne droite. Si donc on mène par le centre O de l'hyperbole une série de sécantes OQ′, que par le point P′ où cette sécante rencontre l'axe O′X′, on mène la perpendiculaire P′M, et par le point Q′ où la sécante rencontre $O'y''$ la perpendiculaire Q′Q, ces deux dernières droites se coupent en un point M de la courbe.

Si l'on identifie l'équation (2) et la proposée, on voit qu'on a : $\beta=z$, $\alpha=x$. Ainsi les coefficients z, x indiquent les distances respectives de l'origine aux asymptotes, soit z la distance de l'asymptote horizontale, et x celle de l'asymptote verticale.

On a vu que MM. Ganguillet et Kutter avaient été amenés à poser les relations suivantes :

$$z=a+\frac{l}{n}, \quad x=an=az-l,$$

a, l étant des constantes, et n un coefficient variable. Il est aisé de mener les asymptotes de l'hyperbole correspondante à une valeur déterminée de n.



En effet (fig. 2), à partir de l'origine prenons une abscisse $OA=l$, et par le point A menons une droite AB inclinée sur Oy d'un angle α tel que $\operatorname{tg}\alpha=n$, puis à partir du point B portons sur Oy une longueur $BC=a$, menons l'horizontale CD, et soit E le point de rencontre de CD avec AB. On a : $OB=\frac{l}{\operatorname{tg}\alpha}=\frac{l}{n}$, $CE=a\operatorname{tg}\alpha=an$; d'où : $OC=a+\frac{l}{n}=z$, et $CE=x$. Les asymptotes correspondantes à $n=\operatorname{tg}\alpha$ seront donc ED′ et EH. Les points O et F sont deux points de la courbe.

Quand on introduit dans la formule la considération des pentes, on doit remplacer les expressions de z et x par les suivantes :

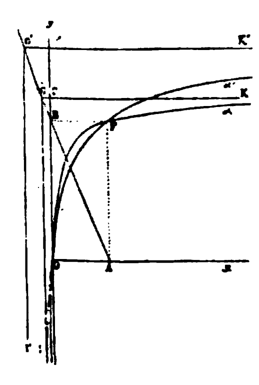
$$z=a+\frac{l}{n}+\frac{m}{I}, \quad x=\left(a+\frac{m}{I}\right)n,$$

Il en résulte que les centres des hyperboles correspondantes à une valeur donnée $n = \operatorname{tg} \alpha$, mais à des valeurs variables de I, se trouvent sur la droite AB. Soit, par exemple, $\frac{m}{I} = CC'$, l'asymptote horizontale sera C′G, qui est coupée par AB en G, et GG′ sera l'asymptote verticale. Il en résulte encore que toutes ces hyperboles ont deux points communs O, F.

Cette observation va nous mener de suite à déterminer la constante l. En effet, on a vu que les droites $\frac{1}{c} = \frac{1}{z} + \frac{x}{z} \times \frac{1}{\sqrt{R}}$, construites pour différentes valeurs de I, concouraient en un point dont les coordonnées étaient : $\frac{1}{c} = 0{,}027$, $\frac{1}{\sqrt{R}} = 1$. Les hyperboles représentées par l'équation inverse $c = \frac{z}{1 + \frac{x}{\sqrt{R}}}$, se coupent donc au point dont les ordonnées sont : $c = \frac{1}{0{,}027} = 37$, $\sqrt{R} = 1$; ainsi les coordonnées du point F sont 37 et 1 ; donc $OA = l = 1$, et $OB = 37$, valeur qui correspond à $n = 0{,}027$.

Pour les valeurs de n différentes de $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}027$, on peut construire différemment la figure de manière à conserver le point fixe F ; il suffit de mener par le point B des droites A′BE′, A″BE″, A‴BE‴... inclinées sur Oy d'angles α', α'', α'''..., tels que $\operatorname{tg} \alpha' = n'$, $\operatorname{tg} \alpha'' = n''$, $\operatorname{tg} \alpha = n'''$... L'asymptote horizontale DD′ ne change pas ; mais les centres se transportent successivement en E′, E″, E‴,... et les asymptotes verticales en E′H′, E″H″, E‴H‴... Les axes des abscisses deviennent successivement O′A′x', O″A″x'', O‴A‴x'''... et l'on a pour z et x les valeurs suivantes :

$z' = CO'$	$z'' = CO''$	$z''' = CO'''$, etc.
$x' = CE'$	$x'' = CE''$	$x''' = CE'''$



Toutes les hyperboles ont un point commun F et passent respectivement en O′, O″, O‴...

On peut encore montrer que dans la formule c varie en sens inverse de I pour des valeurs de $R < 1$ et dans le même sens pour $R > 1$. Car soient (fig. 3) G, G′ deux centres correspondants à des valeurs I′, I″ de I ; si I′ est > I″, BG est < BG′, à cause de $z = a + \frac{l}{n} + \frac{m}{I}$. Si donc on mène les asymp-

totes GK, GI de la première hyperbole, G′K′, G′I′ de la seconde, on voit que ces hyperboles seront disposées comme l'indique la figure, $O\alpha$ représentant celle qui correspond à I′, et $O\alpha'$ celle qui correspond à I″. La différence de leurs ordonnées, c'est-à-dire des valeurs de c correspondantes à une même valeur de R, change donc de signe pour $R=1$.

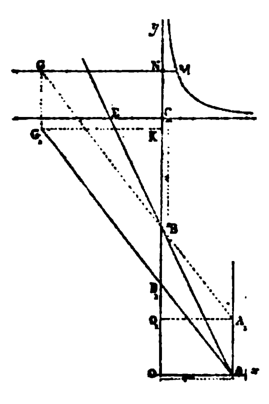
CONSTRUCTION GRAPHIQUE PERMETTANT DE DÉTERMINER L'UNE DES QUANTITÉS c, R, n, I, CONNAISSANT LES TROIS AUTRES.

On a vu ci-dessus comment on pouvait construire les asymptotes et les axes des hyperboles, et par suite les valeurs de c en fonction de R et n, quand on fait abstraction de la pente.

La figure (2) pourrait donc servir à résoudre le problème dont il s'agit. Mais si l'on tient compte du terme $\frac{m}{I}$, les valeurs trouvées pour z et x dans cette figure doivent être augmentées, et les asymptotes se trouvent déplacées. C'est ainsi que pour $\frac{m}{I}=CC'$ les asymptotes DD′, EH se transportent en GC′, GG′. Si donc, dans l'angle yCD′, on construisait une hyperbole équilatère ayant comme asymptotes Cy, CD′, et comme puissance la quantité m, en d'autres termes, la courbe des valeurs de $\frac{m}{I}$, il suffirait par chaque point correspondant à une valeur donnée de I de mener une horizontale telle que C′G; ce serait l'asymptote horizontale de l'hyperbole représentant c, et le centre G se trouverait au point d'intersection de cette horizontale avec l'oblique correspondante à la valeur donnée de n; par exemple, pour $n=\operatorname{tg}\alpha$, et $\frac{m}{I}=CC'$, on aurait: $z=OC'$, $x=C'G$; l'axe étant Ox, on aurait la valeur de c correspondante à une valeur OK de $\sqrt{R}$, en joignant GK, qui rencontre Oy en L; la longueur OL représente c.

On voit que sur la figure (2) le point à partir duquel on doit compter la longueur c varie suivant la valeur de n, en même temps que l'axe sur lequel on doit porter la longueur de $\sqrt{R}$. Afin d'éviter cette complication, M. Kutter a modifié la construction de manière à conserver un axe fixe pour les abscisses, ce qui revient, comme on l'a vu plus haut, à rendre mobile le point F sur AF, ainsi que l'asymptote horizontale DD′

correspondante au cas de $I = \infty$, et à diriger par le point A une série de parallèles aux droites A′E′, A″E″, A‴E‴... Pour simplifier, il a pris pour axe des abscisses unique celui qui correspond au minimum de n dans la pratique, soit $n = 0,009$; il a donc déterminé aisément B, DD′ et le point E. Cela posé, les centres G se transportent sur des lignes verticales jusqu'à la rencontre en G_1 (fig. 4) des obliques menées par A sous les inclinaisons correspondantes à n', n''... Les nouvelles positions de ces points correspondantes à une valeur donnée de I se trouvent donc situées sur une courbe, dont on peut chercher l'équation en supposant que n varie d'une manière continue; on a, en effet



pour un point GG_1, correspondant à $CN = \frac{m}{I}$ et à $n = \operatorname{tg} G_1 B_1 y$:

$$X = NG = \left(a + \frac{m}{I}\right) n, \; Y = OK = O_1 N = a + \frac{1}{n} + \frac{m}{I},$$

à cause de l'égalité des triangles $BA_1 O_1$, $B_1 AO$. En éliminant n, il vient :

$$\frac{1}{n} = \frac{a + \frac{m}{I}}{X}, \text{ et } Y = a + \frac{m}{I} + \frac{a + \frac{m}{I}}{X},$$

équation d'une hyperbole équilatère ayant pour asymptotes l'axe des y et une horizontale distante de l'axe Ox de la quantité $a + \frac{m}{I}$. (On peut observer aussi, plus simplement, que par la construction même du point G_1, ses coordonnées sont les valeurs de z et x correspondantes à la valeur de n considérée, ce qui donne de suite les équations ci-dessus). Les hyperboles correspondantes aux diverses valeurs de I forment donc un faisceau de courbes, concaves dans le sens des y positifs et se rapprochant toutes indéfiniment de l'axe Oy pour se séparer, au contraire, en direction horizontale, sans venir descendre au-dessous de l'horizontale $Y = a$, correspondante à $I = \infty$.

Les explications qui précèdent suffisent pour faire comprendre l'usage de la figure construite par M. Kutter, et qu'on trouvera dans son premier mémoire, ainsi que dans la traduction italienne de M. dal Bosco. J'ajoute seulement que, pour des valeurs très-faibles de I, il est plus

commode de remplacer l'hyperbole construite sur les valeurs de I, prises comme abscisses, par une droite construite sur les valeurs de $\frac{1}{I}$ prises comme abscisses et inclinée sur l'axe des x d'un angle dont la tangente est égale à m. Avec ces divers perfectionnements, la solution graphique de tous les problèmes pratiques se fait de la manière la plus rapide et avec une approximation très-suffisante, puisqu'il est inutile de calculer c avec plus d'une décimale.

VARIATION DE c AVEC LA PENTE.

On peut se proposer d'étudier directement les variations du coefficient avec la pente dans la formule de Kutter. A cet effet, dans l'expression

$$c = \frac{a + \frac{l}{n} + \frac{m}{I}}{1 + \left(a + \frac{m}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}},$$

chassons les dénominations $\sqrt{R}$ et n, il vient :

$$c = \frac{\sqrt{R}}{n} \frac{l + n\left(a + \frac{m}{I}\right)}{\sqrt{R} + n\left(a + \frac{m}{I}\right)} = \frac{\sqrt{R}}{n}\left(1 + \frac{l - \sqrt{R}}{\sqrt{R} + n\left(a + \frac{m}{I}\right)}\right) =$$

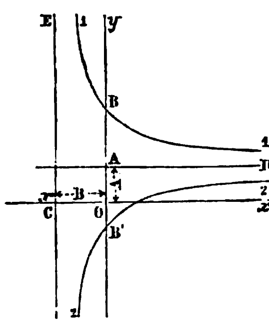
$$\frac{\sqrt{R}}{n} + \frac{(l - \sqrt{R})\frac{\sqrt{R}}{mn^2}}{\frac{\sqrt{R}}{mn} + \frac{a}{m} + \frac{1}{I}} = A + \frac{M}{B + \frac{1}{I}},$$

en posant pour abréger :

$$\frac{\sqrt{R}}{n} = A, \quad (l - \sqrt{R})\frac{\sqrt{R}}{mn^2} = M, \quad \frac{\sqrt{R}}{mn} + \frac{a}{m} = B.$$

Les valeurs de c sont donc les ordonnées d'une courbe dont les abscisses sont celles de $\frac{1}{I}$. Cette courbe, d'après la forme de son équation, est une hyperbole équilatère rapportée à des parallèles à ses asymptotes, dont les équations sont : $Y = A$, pour $\frac{1}{I} = \infty$ ou $I = 0$,

et $X = -B$. La courbe coupe l'axe des y au point B (fig. 5), pour



lequel on a : $OB = A + \frac{M}{B}$. Si on suppose M positif, c'est-à-dire $\sqrt{R} < l$, la courbe occupe la position 1 1, c'est-à-dire que les valeurs de c diminuent quand $\frac{1}{I}$ augmente ou quand I diminue (cas des canaux artificiels).

Si M est négatif, ou $\sqrt{R} > l$, $A + \frac{M}{B}$ est $< A$, la courbe coupe l'axe des y en un point B′ au-dessous de A et occupe la position 22. Les valeurs de c croissent donc avec $\frac{1}{I}$, c'est-à-dire quand I diminue (cas des expériences américaines).

Enfin, pour $l = \sqrt{R}$, la courbe se réduit à l'horizontale AD et c à la valeur constante A.

On arrive aux mêmes résultats en prenant comme abscisses les valeurs de I. La formule se transforme, en effet, dans ce cas de la manière suivante, en effectuant la division et s'arrêtant au 1[er] terme :

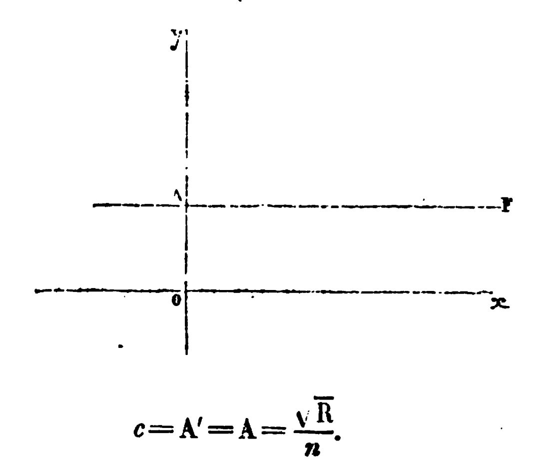
$$c = \frac{\sqrt{R}}{n} \frac{(l+an)I + mn}{(\sqrt{R}+an)I + mn} =$$

$$\frac{\sqrt{R}}{n}\left(\frac{l+an}{\sqrt{R}+an} + \frac{mn\left(1 - \frac{l+an}{\sqrt{R}+an}\right)}{(\sqrt{R}+an)I + mn}\right) =$$

$$\frac{\sqrt{R}(l+an)}{n(\sqrt{R}+an)} + \frac{m\sqrt{R}\frac{\sqrt{R}-l}{(\sqrt{R}+an)^2}}{\frac{mn}{an+\sqrt{R}} + I} = A' + \frac{M'}{B'+I}.$$

Soit $M' > 0$, ou $\sqrt{R} > l$. Asymptotes : $X = -B'$, $Y = A'$, c'est-à-dire les droites AD, CE. Pour $I = 0$, $c = A' + \frac{M'}{B'}$ et est toujours positif ; c'est la courbe n° 1, qui correspond cette fois au cas de $\sqrt{R} > l$, au lieu de $\sqrt{R} < l$. On trouve les mêmes résultats que ci-dessus, bien que dans un ordre inverse. Les trois cas peuvent être représentés comme il suit, en superposant les hyperboles dont les abscisses sont $\frac{1}{I}$ et I.

Troisième cas. $\sqrt{R} = l$. (fig. 8).



$$c = A' = A = \frac{\sqrt{R}}{n}.$$

Les deux courbes se réduisent à l'horizontale :

$$Y = \frac{l}{n}.$$

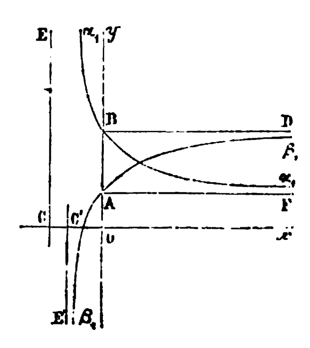
COMPARAISON DES FORMULES BAZIN ET KUTTER, PAR M. BRIOSCHI.

Dans l'introduction que M. Brioschi a jointe à la traduction de M. dal Bosco, le savant mathématicien compare les résultats fournis par les deux formules de Bazin et de Kutter suivant les valeurs données à R et I. A cet effet, après les avoir mises sous une forme qui en facilite la comparaison, notamment en introduisant n dans la formule de Bazin, il prend la différence Y des valeurs de $\frac{RI}{U^2}$, et en étudie les variations de signe. Je donne simplement les conclusions de son travail, qui présente un certain intérêt par la précision des résultats obtenus.

1° Dans les canaux en terre, pour toute valeur de $I > 0{,}0000574$, il existe une valeur de $R > 1$ pour laquelle les deux formules donnent des résultats identiques;

2° Dans les mêmes conditions, pour toute valeur de I comprise entre 0,0000165 et 0,0000574, il existe une valeur de $R < 1$ pour laquelle les deux formules donnent des résultats identiques;

Premier cas. $\sqrt{R} < l.$ (fig. 6)



On observera, pour construire la figure, qu'on a :

$$A' = A\frac{l+an}{\sqrt{R}+an} = A + \frac{M}{B}, \qquad A' + \frac{M'}{B'} = A,$$

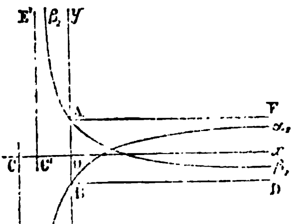
$$B' - B = \frac{[mn - (an+\sqrt{R})]\,[mn+an+\sqrt{R}]}{mn\,(an+\sqrt{R})}, \qquad \text{d'où } B' < B.$$

L'hyperbole $\beta_1\,\beta_1$ a donc comme asymptotes les droites

$$BD\left(Y = A + \frac{M}{B}\right), \qquad C'E'\,(X = -B')$$

et coupe l'axe des y en A (Y = A).

Deuxième cas. $\sqrt{R} > l.$ (fig. 7)



Les asymptotes de l'hyperbole $\beta_2\,\beta_2$ sont : BD $\left(Y = A' = A + \frac{M}{B}\right)$ et C'E' (Y = — B'); la courbe coupe l'axe des y en A $\left(Y = A' + \frac{M'}{B'} = A\right)$.

3° La valeur maxima de la différence Y diminue entre $I = \infty$ et $I = 0,0005$, pour augmenter ensuite rapidement jusqu'à 0,003 pour $I = 0,000017$;

4° La Formule de Kutter donne des résultats plus faibles que celle de Bazin pour les valeurs de $I > 0,0000547$ et de $R < 1$ (canaux artificiels) ;

5° La différence est tantôt négative, tantôt positive pour $I < 0,0000547$ et $R < 1$;

6° Il en est de même pour $I > 0,0000547$ et $R > 1$;

7° Pour les valeurs de $I > 0,0000547$ et de $R > 1$, la formule de Kutter donne des résultats plus faibles que celle de Bazin.

M. Brioschi ne déduit de son analyse aucune conséquence favorable ou défavorable à la formule de Kutter; il note seulement ces deux faits : que, d'une part, il y aurait lieu d'examiner à nouveau l'anomalie que présente, d'après les expériences américaines, la loi de variation de c avec la pente ; et que, d'autre part, on doit observer que la formule de Kutter donne de meilleurs résultats que celle de Bazin, précisément pour les expériences faites dans les canaux artificiels en Bourgogne.

ANÉMOMÈTRE

MESURE DE LA VITESSE DU VENT

PAR M. ARSON.

La vitesse avec laquelle l'air se déplace à la surface de la terre et la pression qu'il exerce sur les corps qu'il rencontre sont des phénomènes dont l'observation offre un grand intérêt.

La navigation à la voile suffirait à elle seule pour justifier cette proposition et pour motiver la production d'un appareil capable de faire connaître à chaque instant la vitesse du vent.

De nombreux instruments ont été proposés pour résoudre cette question. Les uns se bornent à faire naître un phénomène mécanique confus et à fournir une indication mal définie qu'il faut relever et interpréter à chaque instant; les autres font intervenir un enregistreur mécanique qui laisse la trace écrite du phénomène. Mais pas un ne fournit une indication de laquelle on puisse déduire directement et avec certitude la vitesse du vent qui l'a fait naître. Toujours l'instrument a besoin d'être taré, et on sait la difficulté que présente une semblable opération.

Cette imperfection de la solution arrête son application. Aussi arrive-t-il que ces appareils ne se multiplient pas, et que des données recueillies sur la question, celles qui sont publiées et qui remontent à Coulomb, sont les seules connues, et qui puissent servir de base à l'ingénieur qui a des constructions à établir.

Les marins en effet ne sont pas seuls intéressés dans la question, elle peut aussi justement préoccuper les constructeurs à l'occasion de travaux à exécuter à l'intérieur du pays.

Il est évident que chaque localité, plus ou moins défendue par des saillies de la surface, présente des conditions d'application différentes

et justifie des interprétations diverses pour les conséquences à redouter d'un même phénomène, produit dans une même contrée.

Les chiffres fournis par Coulomb peuvent bien d'ailleurs légitimer quelques inquiétudes. Si on les examine avec attention, on reconnaît, dans leur expression même, des caractères qui étonnent. Ainsi le tableau fourni par Coulomb et reproduit par tous les ouvrages français ou étrangers, contient, comme dernière indication, celle-ci :

Un vent marchant avec une vitesse de $45^m,30$ exerce une pression par mètre carré de $277^k,87$. Comment s'expliquer qu'un observateur ait pu constater des chiffres aussi précis, dans des conditions aussi difficiles. Ce vent même a-t-il jamais soufflé, et en quel pays?

Aux Antilles peut-être, et alors qui donc a pu y faire les observations qui nous sont transmises par Coulomb? Comment la méthode employée dans ces circonstances et qui fournit des chiffres aussi précis est-elle complétement inconnue aujourd'hui?

Ces doutes prennent plus de force encore quand on remarque que ces chiffres sont probablement tirés d'une hypothèse théorique.

Coulomb semble avoir tout simplement admis que la pression additionnelle qui s'exerce sur un plan et la diminution de pression qui se produit simultanément derrière ce plan, dans le cas d'un vent d'intensité quelconque, correspond à des pressions capables de produire cette vitesse de rencontre du vent avec le plan, et il a probablement dressé son tableau sur cette donnée théorique. Si l'on divise le chiffre $277^k,87$ par 2, pour faire la part de la pression exercée sur les deux surfaces, on trouve : $138^k,93$; si l'on convertit ce chiffre en hauteur d'air produisant la vitesse en la divisant par la densité de l'air, 1,29, on trouve $107^k,40$; et de la formule

$$v = \sqrt{2\,gh} = \sqrt{19,62 \times 107,40},$$

on tire

$$v = 45^m,80.$$

Or le tableau de Colomb donne $45^m,30$.

La coïncidence n'est pas absolue, mais on peut la considérer comme trop rapprochée pour avoir pu ressortir de l'observation d'un fait expérimental.

Cette recherche n'est pas seulement de notre part un acte de curiosité, et n'a pas pour intention d'affaiblir en quoi que ce soit le mérite des chiffres fournis par Coulomb. Ils sont les premiers, disons mieux, ils sont encore aujourd'hui les seuls, dont on fasse usage dans le monde

entier, et cette confiance générale montre la considération qu'ils méritent. D'ailleurs, ils ont été donnés certainement pour guider les marins dans la détermination des surfaces de la voilure des navires, et il était utile de ne pas affaiblir les résultats possibles, parce qu'il convient de prévenir les conséquences d'une donnée trop faible qui eût pu provoquer des accidents graves.

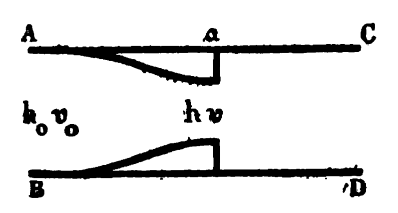
Mais la conséquence à tirer de ces réflexions, c'est que les chiffres de Coulomb, si applicables peut-être dans l'étude des questions qui intéressent la marine, ne peuvent pas être employés pour déterminer la pression horizontale que le vent imprime à un ouvrage fixe différant beaucoup d'un plan, sans être affectés d'un coefficient, sans doute important et absolument inconnu. Il était donc nécessaire d'étudier ce cas particulier de la question et sans craindre de céder à un sentiment d'amour-propre mal justifié, de créer des moyens d'observation spéciaux et exacts.

Voici la description des dispositions qui peuvent être adoptées et des considérations théoriques sur lesquelles elles reposent.

Pour la construction de l'appareil, il nous paraît désirable d'écarter tous les systèmes qui mettent en œuvre des pièces mécaniques nombreuses, se mouvant avec vitesse et qui sont susceptibles d'une rapide altération.

Nous croyons aussi qu'il faut renoncer à tout système qui crée par sa présence dans l'air un trouble qui change et complique le fait à observer, et nous avons eu recours à la production d'un phénomène simple s'accomplissant sans trouble et s'exprimant d'une manière constante et précise en fonction de la vitesse du vent qui le produit.

Dans la partie de la mécanique qui s'occupe de l'écoulement des liquides, le théorème de *Bernouilly* occupe une place solidement conquise, qui offre un point d'appui inattaquable à un système qui en est une application directe. C'est la production du phénomène en question et l'appréciation des changements de pression dans l'appareil qui font la base du système.



Si l'on considère un tronçon horizontal de conduite ABCD dans leque se meut un fluide quelconque et qu'on le suppose garni à l'intérieur d'un rétrécissement parfaitement évasé, on sait qu'on peut poser que

la différence des hauteurs $(h_0 - h)$ dues aux pressions, est égal et de signe contraire à la différence des hauteurs $\left(\frac{v^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g}\right)$ dues aux vitesses correspondantes, soit :

$$h_0 - h = \frac{v^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g}.$$

Cette expression établie pour les liquides est certainement applicable aux gaz quand la variation des pressions est relativement petite.

Si l'on fait en sorte que le terme $\frac{v^2}{2g}$ soit égal à $2\,\frac{v_0^2}{2g}$, on pourra écrire :

$$h_0 - h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Or, h_0 c'est la hauteur due à la pression atmosphérique, h c'est la hauteur due à la pression qui a lieu derrière l'étranglement, si bien que la différence $(h_0 - h)$ qui sera donnée par un manomètre branché en *a* fera connaître directement la vitesse v_0 par la lecture du manomètre.

Rapport entre les diamètres des sections. — Il suffira, pour réaliser les conditions si expressives qui viennent d'être énoncées, de donner à la réduction du diamètre intérieur la proportion qui est fournie par la relation :

$$\frac{v^2}{2g} = 2\,\frac{v_0^2}{2g},$$

c'est-à-dire :

$$v = v_0 \times \sqrt{2}.$$

Mais puisque le volume écoulé à chaque instant est le même dans les deux sections S et s, on devra avoir :

$$Sv_0 = sv_0 \times \sqrt{2},$$

d'où

$$\frac{S}{s} = \sqrt{2}.$$

Tout appareil disposé comme l'indique la figure, page 507, et qui possédera les proportions précédentes fournira donc, par l'observation de la pression derrière l'étranglement, la hauteur qui produit la vitesse du vent, et par conséquent fera connaître cette vitesse (voir la figure, page 512).

On comprend aisément qu'une aussi faible réduction de diamètre ne devra pas produire de trouble dans l'écoulement de l'air et que la perte de charge constatée par un manomètre sensible, branché après l'élar-

gissement brusque, fournira des renseignements qui pourront être attribués en toute certitude à l'action du vent observé.

Toutefois, une déduction si importante avait besoin d'être confirmée avant d'être présentée comme la raison fondée d'une application, et il était nécessaire de faire une observation qui en fût la justification pratique.

Voici le moyen qui fut employé :

On s'est servi d'un gazomètre qui a une capacité de 40 mètres cubes que l'on charge à volonté et dont les déplacements correspondent à des volumes parfaitement déterminés.

Sur la calotte a été appliquée une tubulure parfaitement évasée, ayant 0,0600 de diamètre, telle que la représente le dessin page 512 et qui obligeait l'air à s'écouler en filets parallèles dans l'atmosphère.

L'étranglement contenu dans le tuyau réduit le diamètre de 0,0600 à 0,0504.

Le manomètre branché derrière l'étranglement avait un diamètre assez grand pour éviter toute influence de capillarité; il contenait de l'eau distillée. Les densités de l'air qui s'écoulait ont été corrigées des influences dues à la température et à la pression barométrique. Enfin les observations ont été multipliées pour faire intervenir l'influence de vitesses différentes et pour faire apparaître les erreurs accidentelles qui auraient pu se produire.

Le tableau suivant contient les résultat des expériences qui ont paru mériter toute confiance.

TABLEAU DES RÉSULTATS DES OBSERVATIONS

des 30 *et* 31 *octobre et* 2 *décembre* 1874.

DATES.	VITESSES RÉELLES a.	VITESSES CALCULÉES b.	RAPPORTS $\frac{a}{b}$.	OBSERVATIONS.
30 Octobre.....	10.47	11.162	0.938	
	16.60	18.075	0.912	
	22.88	25.621	0.893	
31 Octobre.....	23.87	25.699	0.926	
	23.40	25.557	0.915	
2 Décembre....	20.12	22.110	0.910	
			5.494	
Moyenne...............			0.915	

L'observation de ces chiffres montre :

1° Que les vitesses réelles produites ont été poussées de 10^{m},47 jusqu'à 23^{m},87.

2° Que les vitesses calculées, déduites de la hauteur manométrique observée, ont été plus grandes que les vitesses réelles en telle proportion que pour déduire les valeurs exactes de ces vitesses par l'observation des pressions, il ne faut prendre que les 0,915 du résultat fourni par le calcul.

Ces résultats nécessitant l'emploi d'un coefficient dont la raison n'est pas évidente, nous avons cru devoir rechercher si le fait ne provenait pas d'un défaut de construction de l'appareil. Nous avons reconnu que le diamètre de l'étranglement n'était que de 0,0500, tandis qu'il devait être de 0,0504.

Nous avons fait rectifier l'appareil, et recommencé les expériences. Dans l'une d'elles la vitesse réelle, corrections faites de la température et de la pression, a été réellement de 20^{m},48. La perte de pression indiquait 21,78. L'observation avait donc encore besoin d'un coefficient dont la valeur atteignait 0,94, et il fallait bien admettre que les influences perturbatrices qui accompagnent tous les phénomènes de cette nature, produisent une perte d'effet utile, impossible à éviter.

Au reste nos observations concordent parfaitement avec celles que Daubuisson a faites sur l'écoulement des gaz, lesquelles l'ont amené à reconnaître comme nécessaire l'emploi d'un coefficient qui a varié de 0,90 à 0,93.

Puisque l'emploi d'un coefficient est admis par un maître comme Daubuisson, et puisque nous arrivons à une concordance aussi complète des résultats, nous croyons devoir l'introduire dans l'application, et nous proposons de le faire dans le cas particulier qui nous occupe à 0,94.

Pour compléter l'étude et pour permettre d'en déduire les données se prêtant avec certitude à une bonne application, nous avons recherché la longueur minimum que devait avoir le tuyau cylindrique après le relargissement brusque.

Nous redoutions le phénomène qui semble pouvoir se produire dans le cas de grandes vitesses, le parallélisme longtemps soutenu des filets ayant franchi l'étranglement et ne s'épanouissant qu'à une grande distance qu'il importait de connaître.

Cette fois l'écoulement a été poussé à la vitesse de 45 mètres, et cependant l'épanouissement complet à toujours été produit dans une longueur du cylindre égale à quatre fois le diamètre.

CONCLUSIONS.

Nous nous croyons donc fondés à proposer l'application d'un appareil qui serait construit comme il va être dit, et dont les indications seraient recueillies et enregistrées par un de ces ingénieux appareils employés dans l'industrie et qui font connaître les pressions que le gaz exerce à tout instant des 24 heures, dans les conduites de distribution.

Le tuyau soumis à l'action du vent aurait une longueur égale à six fois son diamètre; serait lié à une girouette qui l'orienterait sans cesse au vent. Le premier tiers de sa longueur porterait le rétrécissement convenablement aménagé qui satisferait à la condition :

$$\frac{S}{s} = \sqrt{2}.$$

Un tube fin, branché dans le rélargissement brusque et soudé tout le long du tube qui porterait la girouette, amènerait la pression dans un appareil destiné à maintenir à la fois la mobilité de l'appareil supérieur et la transmission de la pression à observer. Puis un tube fixe porterait cette pression dans l'appareil enregistreur, contenu à l'intérieur du bâtiment.

L'appareil intermédiaire pourrait être formé d'un boisseau B ou vase cylindrique avec un compartiment de deux cylindres parallèles *cc* qui comprennent entre eux un espace communiquant avec un conduit D qui descend à l'indicateur.

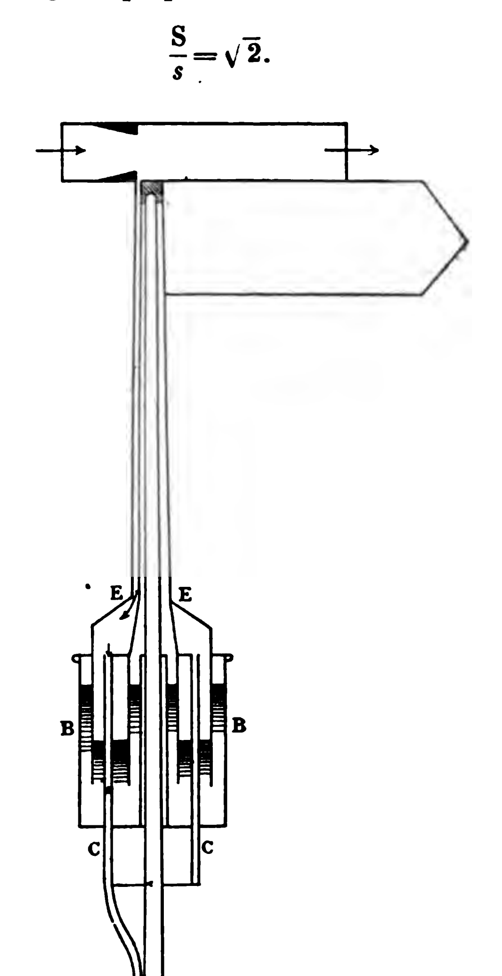
Une cloche E mobile autour de l'axe commun à tous les appareils, communiquerait d'autre part avec le point voulu F de la girouette.

Les choses étant ainsi disposées, la pression qui sera produite en F dans le rélargissement brusque se fera sentir en *c* et par suite en D, quelle que soit l'orientation de la partie supérieure et mobile de l'instrument.

Il importe de faire remarquer que le rapport choisi entre la hauteur

due à la pression du vent et la hauteur due à sa vitesse n'est pas nécessairement lié à l'égalité que produirait la condition

$$\frac{S}{s} = \sqrt{2}.$$



Les sections pourraient être tout autres. On pourrait par exemple faire que la hauteur d'eau soit double de celle qui correspond à la vitesse. Cette disposition pourrait être nécessaire à la mesure de vitesses faibles ne produisant que des déplacements d'eau difficiles à lire.

C'est là une question d'exécution.

ANÉMOMÈTRE

TABLES

L'observateur lit directement sur les instruments placés sous ses yeux :

1° La hauteur d'eau;
2° La pression atmosphérique;
3° La température;

et il en tire les déductions suivantes :

La hauteur lui fait connaître la partie des tableaux qu'il doit consulter;
La pression barométrique lui indique la ligne sur laquelle devra porter sa lecture;
La température limite le chiffre cherché.

Observation : Les hauteurs d'eau de ces tables varient par un millimètre de un à dix, et par deux millimètres de dix à cent; les pressions barométriques varient par centimètres; les températures par cinq degrés. Ces écarts paraissent suffisamment approchés. Si on voulait une plus grande exactitude, on l'obtiendrait facilement par une proportion qu'on est d'ailleurs à même de faire puisqu'on en possède les éléments.

Les tables suivantes ont été calculées à l'aide de la formule :

$$V = \sqrt{2g\mathrm{H} \times \frac{1000}{1.293} \times (1 + \alpha t) \times \frac{p_0}{p}}.$$

$$= \sqrt{2 \times 9{,}81 \times \mathrm{H} \times \frac{1000}{1.293} \times (1 + 0{,}00367\, t) \times \frac{0.760}{p}}.$$

(Ces tables ont été calculées par M. Hackenberger, élève de Saint-Cyr; ex-capitaine d'infanterie.)

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES.												
		—20°	—15°	—10°	— 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
	0.780	3.70	3.73	3.77	3.80	3.84	3.88	3.91	3.94	3.98	4.02	4.05	4.08	4.11
	0.770	3.72	3.76	3.79	3.83	3.86	3.90	3.93	3.97	4.00	4.04	4.07	4.10	4.14
m. mil.	0.760	3.74	3.78	3.80	3.85	3.89	3.92	3.96	4.00	4.03	4.07	4.10	4.13	4.17
0.001	0.750	3.77	3.81	3.84	3.88	3.92	3.95	3.99	4.02	4.06	4.10	4.12	4.16	4.19
	0.740	3.79	3.83	3.87	3.91	3.94	3.98	4.01	4.05	4.08	4.12	4.15	4.19	4.22
	0.730	3.82	3.85	3.89	3.93	3.97	4.00	4.04	4.08	4.11	4.15	4.18	4.22	4.25
	0.720	3.85	3 89	3.92	3.96	4.00	4.03	4.07	4.10	4.14	4.18	4.21	4.25	4.28
	0.780	5.23	5.28	5.33	5.38	5.43	5.49	5.53	5.58	5.63	5.68	5.72	5.77	5.82
	0.770	5.26	5.31	5.36	5.42	5.47	5.52	5.57	5.61	5.66	5.72	5.76	5.81	5.85
m. mil.	0.760	5.30	5.35	5.40	5.45	5.50	5.55	5.60	5.63	5.70	5.76	5.80	5.85	5.89
0.002	0.750	5.33	5.38	5.44	5.49	5.54	5.59	5.64	5.69	5.74	5.79	5 82	5.88	5.93
	0 740	5.37	5.42	5.47	5.52	5.58	5.63	5.68	5.73	5.78	5.83	5.88	5.92	5.96
	0.730	5.40	5.43	5.51	5.56	5.61	5.67	5.72	5.77	5.82	5.87	5.92	5.96	6.01
	0.720	5.44	5.50	5.55	5.60	5.65	5.70	5.76	5.81	5.86	5.91	5.96	6.01	6.05
	0.780	6.40	6.47	6.53	6.59	6.65	6.73	6.77	6.83	6.89	6.96	7.01	7.07	7.12
	0.770	6.45	6.51	6.57	6.63	6.70	6.76	6.82	6.88	6.94	7.00	7.06	7.11	7.17
m. mil.	0.760	6.49	6.55	6 62	6.68	6.74	6.80	6.86	6.92	6.98	7.05	7.10	7.16	7.22
0.003	0.750	6.53	6.60	6.66	6.72	6.78	6.85	6.91	6.97	7.03	7.10	7.15	7.21	7.27
	0.740	6.56	6.64	6.70	6.77	6.83	6.89	6.95	7.02	7.08	7.15	7.20	7.26	7.31
	0.730	6.60	6.67	6.75	6.81	6.88	6.94	7.00	7.06	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37
	0.720	6.67	6.73	6.80	6.86	6.92	6.99	7.05	7.10	7.17	7.24	7.30	7.36	7.42
	0.780	7.40	7.47	7.54	7.61	7.68	7.77	7.82	7.89	7.96	8.04	8.10	8.16	8.22
	0.770	7.44	7.52	7.59	7.66	7.73	7.80	7.88	7.94	8.01	8.09	8.15	8.21	8.28
m. mil.	0.760	7.49	7.57	7.64	7.71	7.78	7.85	7.92	7.98	8.06	8.14	8.20	8.27	8.34
0.004	0.750	7.54	7.62	7.69	7.76	7.84	7.91	7.98	8.05	8.14	8.20	8.24	8.32	8.39
	0.740	7.59	7.67	7.74	7.82	7.89	7.96	8.03	8.10	8.17	8.25	8.31	8.38	8.45
	0.730	7.64	7.70	7.79	7.87	7.96	8.01	8.09	8.16	8.23	8.31	8 37	8.44	8.51
	0.720	7.70	7.77	7.85	7.92	8.00	8.07	8.14	8.21	8.29	8.37	8.43	8.50	8.56
	0.780	8.27	8.35	8.43	8.51	8.59	8.69	8.75	8.82	8 90	8.99	9 05	9.13	9.20
	0.770	8.32	8.40	8.49	8.57	8.65	8.73	8.80	8 88	8.96	9.04	9.11	9.18	9.26
m. mil.	0.760	8.38	8.46	8.54	8.62	8.70	8.78	8.86	8.94	9.02	9.10	9.17	9.24	9.32
0.005	0.750	8.43	8.52	8.60	8.68	8.75	8.84	8.92	9.00	9.08	9.16	9.21	9.31	9.38
	0.740	8.49	8.57	8.66	8.74	8.85	8.90	8 98	9.06	9.14	9.23	9.29	9.37	9.45
	0.730	8.55	8.61	8.72	8.80	8.88	8.96	9.04	9.12	9.20	9.29	9.36	9.43	9.51
	0.720	8.61	8.69	8.78	8.86	8.93	9.02	9.10	9.18	9.26	9.35	9.42	9.50	9.58
	0.780	9.06	9.15	9.24	9.32	9.41	9.52	9.58	9.67	9.75	9.84	9.94	10.02	10.08
	0.770	9.12	9.21	9.30	9.38	9.47	9.56	9.64	9.73	9.81	9.91	9.98	10.06	10.14
m. mil.	0.760	9.18	9.27	9.36	9.45	9.53	9.62	9.71	9.79	9.88	9 97	10.04	10.15	10.21
0.006	0.750	9.24	9.33	9.42	9.51	9 60	9.68	9.77	9.86	9.94	10.04	10.09	10.20	10.28
	0.740	9.30	9.39	9.48	9.57	9.66	9.75	9.84	9.92	10.01	10.11	10.18	10.26	10.35
	0.730	9.36	9.44	9.55	9.64	9.73	9.82	9.90	9.99	10.08	10.18	10.25	10.33	10.42
	0.720	9.43	9.52	9.61	9.70	9.80	9.88	9.97	10.06	10.15	10.25	10.32	10.41	10.49
	0.780	9.78	9.88	9.98	10.07	10.17	10.28	10.35	10 43	10.53	10.63	10.71	10.80	10.89
	0.770	9.87	9.95	10.04	10.14	10.23	10.32	10.42	10.51	10.60	10.70	10.78	10.87	10.96
m. mil.	0.760	9.91	10.01	10.11	10.20	10.30	10.39	10.49	10.58	10.67	10.77	10.85	10.94	11.03
0.007	0.750	9.98	10.08	10.17	10.27	10.37	10.46	10.56	10.65	10.74	10.84	10.90	11.01	11.10
	0.740	10.04	10.15	10.24	10.34	10.44	10.53	10.63	10.72	10.82	10.92	11.00	11.09	11.18
	0.730	10.11	10.19	10.31	10.41	10.51	10.60	10.70	10.79	10.89	10.99	11.07	11.16	11.25
	0.720	10.20	10.28	10.38	10.48	10.58	10.68	10.77	10.87	10.96	11.07	11.15	11.24	11.33
	0.780	10.46	10.56	10.67	10.77	10.87	10.99	11.07	11.16	11.26	11.37	11.45	11.54	11.64
	0.770	10.53	10.63	10.73	10.84	10.94	11.04	11.14	11.21	11.33	11.44	11.52	11.62	11.71
	0.760	10.60	10.70	10.81	10.91	11.01	11.11	11.21	11.31	11.41	11.52	11.60	11.70	11.79
m. mil.	0.750	10.67	10.79	10.88	10.98	11.08	11.18	11.28	11.38	11.48	11.59	11.65	11.77	11.87
0.008	0.740	10.74	10.85	10 95	11.03	11.16	11.26	11.36	11.46	11.56	11.67	11.76	11.85	11.95
	0.730	10.79	10.90	11.03	11.13	11.23	11.31	11.42	11.54	11.64	11.75	11.84	11.93	12.03
	0.720	10.89	11.00	11.10	11.21	11.31	11.41	11.52	11.62	11.72	11.83	11.92	12.02	12.11

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES.												
		—20°	—15°	—10°	— 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
	0.780	11.10	11.21	11.31	11.42	11.53	11.66	11.74	11.84	11.94	12.06	12.15	12.25	12.40
	0.770	11.17	11.28	11.39	11.49	11.60	11.71	11.81	11.92	12.02	12.14	12.22	12.32	12.42
	0.760	11.24	11.35	11.46	11.57	11.68	11.76	11.89	12.00	12.07	12.22	12.33	12.41	12.51
m. mil. 0.009	0.750	11.31	11.43	11.54	11.62	11.76	11.86	11.97	12.08	12.23	12.30	12.36	12.49	12.59
	0.740	11 39	11.50	11.62	11.73	11.83	11.94	12.05	12.16	12.29	12.38	12.47	12.57	12.07
	0.730	11.47	11.56	11.69	11.81	11.92	12.02	12.13	12.24	12.35	12.46	12.55	12.66	12.76
	0.720	11.55	11.66	11.78	11.89	12.00	12.14	12.22	12.30	12.43	12.55	12.64	12.75	12.85
	0.780	11.70	11.81	11.93	12.04	12.15	12.27	12.39	12.48	12.62	12.70	12.75	12.91	13.02
	0.770	11.77	11 89	12.01	12.12	12.23	12.34	12.45	12.56	12.67	12.78	12.87	12.99	13.05
	0.760	11.85	11.97	12.08	12.20	12.31	12.43	12.54	12.64	12.73	12.87	12.92	13.09	13.19
m. mil. 0.010	0.750	11.93	12.05	12.16	12.28	12.39	12.51	12.62	12.78	12.84	12.96	13.01	13.17	13 28
	0.740	12.01	12.07	12.25	12.36	12.48	12.59	12.70	12.82	12.93	13.04	13.10	13.26	13.36
	0.730	12.12	12.13	12.33	12.45	12.56	12.68	12.79	12.90	13.02	13.13	13.18	13.35	13.45
	0.720	12.18	12.30	12.42	12.53	12.65	12.77	12.87	12.99	13.11	13.23	13.27	13.44	13.55
	0.780	12.82	12.94	13.07	13.19	13.31	13.44	13.56	13.68	13.79	13.91	13.97	14.14	14.24
	0.770	12.90	13.03	13.15	13.28	13.40	13.52	13.65	13.76	13.88	14.00	14.06	14.23	14.28
	0.760	12.98	13.11	13.24	13.36	13.49	13.61	13.73	13.85	13.97	14.09	14.19	14.34	14.44
m. mil. 0.012	0.750	13.07	13.20	13.33	13.45	13.58	13.70	13.82	13.95	14.07	14.19	14.23	14.42	14.54
	0.740	13.16	13.23	13.42	13.54	13.67	13.80	13.92	14.04	14.16	14.28	14.34	14.52	14.64
	0.730	13.25	13.29	13.51	13.64	13.77	13.89	14.01	14.14	14.26	14.38	14.44	14.62	14.74
	0.720	13.34	13.47	13.57	13.73	13.86	13.98	14.11	14.23	14.36	14.48	14.54	14.72	14.83
	0.780	13.84	13.98	14.11	14.25	14.38	14.51	14.65	14.77	14.90	15.03	15.09	15.28	15.38
	0.770	13.93	14.07	14.21	14.34	14.47	14.61	14.74	14.87	15.00	15.13	15.19	15.38	15.42
	0.760	14.02	14.16	14.30	14.43	14.57	14.70	14.83	14.96	15.09	15.22	15.32	15.49	15.60
m. mil. 0.014	0.750	14.12	14.26	14.39	14.53	14.67	14.80	14.93	15.06	15.23	15.32	15.37	15.58	15.71
	0.740	14.21	14.29	14.49	14.63	14.76	14.90	15 03	15.17	15.30	15.39	15.49	15.69	15.81
	0.730	14.34	14.35	14.59	14.78	14.87	15.00	15.14	15.27	15.40	15.49	15.60	15.79	15.92
	0.720	14.41	14.55	14.69	14.83	14.97	15.11	15.24	15.41	15.51	15.64	15.71	15.90	16.08
	0 780	14.80	14.95	15.08	15.23	15.37	15.51	15.66	15.79	15.93	16.06	16.13	16.33	16.46
	0.770	14.89	15.04	15.19	15.33	15.47	15.62	15.76	15.89	16.03	16.17	16.24	16.44	16.48
	0.760	14.99	15.14	15.29	15.43	15.58	15.72	15.85	16.00	16.14	16.27	16.38	16.56	16.68
m. mil. 0.016	0.750	15.09	15.24	15.39	15.53	15.68	15.82	15.96	16.10	16.28	16.38	16.43	16.66	16.79
	0.740	15.19	15.27	15.49	15.61	15.78	15.93	16.09	16.21	16.35	16.45	16.56	16.78	16.90
	0.730	15.33	15.34	15.60	15.75	15.89	16 06	16.18	16.32	16.46	16.56	16.68	16.88	17.02
	0.720	15.40	15.56	15.71	15.86	16.00	16.15	16.29	16.48	16.58	16.72	16.79	17.00	17.14
	0.780	15.70	15.86	16.00	16.16	16.31	16.46	16.65	16.75	16.90	17.04	17.11	17.32	17.44
	0.770	15.80	15.96	16.11	16.26	16.41	16.56	16.72	16.86	17.01	17.15	17.22	17.44	17.49
	0.760	15.90	16.06	16.21	16.37	16.52	16.67	16.82	16.97	17.12	17.26	17.38	17.56	17.69
m. mil. 0.018	0.750	16.01	16.17	16.32	16.48	16.63	16.78	16.93	17.08	17.27	17.38	17.47	17 67	17.81
	0.740	16.12	16.20	16.43	16.59	16.74	16.90	17.05	17.20	17.35	17.45	17.57	17.79	17.93
	0.730	16.26	16.35	16.55	16.70	16.86	17.02	17.16	17.31	17.46	17.56	17.69	17.91	18.05
	0.720	16.34	16.50	16.66	16.82	16.98	17.13	17.28	17.47	17.59	17.74	17.81	18.03	18.18
	0.780	16.56	16.71	16.86	17.03	17.19	17.35	17.51	17.66	17.81	17.96	18.04	18.26	18.39
	0.770	16.65	16.82	16.98	17.14	17.30	17.46	17.62	17.77	17.92	18.06	18.15	18.38	18.43
	0.760	16.76	16.93	17.09	17.25	17.42	17.57	17.73	17.89	18.04	18.20	18.31	18.51	18.65
m. mil. 0.020	0.750	16.87	17.04	17.20	17.37	17.53	17.69	17.85	18.01	18.21	18.32	18.37	18.62	18.73
	0.740	16.90	17.08	17.32	17.49	17.65	17.81	17.97	18.13	18.29	18.40	18.52	18.76	18.90
	0.730	17.14	17.17	17.44	17.60	17.77	17.93	18.09	18.25	18.41	18.51	18.64	18.88	19.03
	0.720	17.22	17.39	17.56	17.73	17.89	18.05	18.22	18.42	18.54	18.70	18.77	19.01	19.16
	0.780	17.36	17.53	17.69	17.86	18.03	18.19	18.36	18.52	18.68	18.84	18.92	19.15	19.29
	0.770	17.47	17.66	17.81	17.98	18.15	18.31	18.48	18.64	18.80	18.96	19.04	19.28	19.33
	0.760	17.58	17.75	17.93	18.10	18.27	18.43	18.60	18.80	18.92	19.08	19.21	19.42	19.56
m. mil. 0.022	0.750	17.70	17.87	18.05	18.22	18.39	18.55	18.72	18.90	19.09	19.21	19.31	19.53	19.69
	0.740	17.82	17.91	18.17	18.34	18.51	18.68	18.85	19.01	19.18	19 30	19.42	19.67	19.82
	0.730	17.98	18.07	18.29	18.46	18.64	18.85	18.98	19.14	19.31	19.42	19.56	19.80	19.96
	0.720	18.06	18.24	18.42	18.59	18.77	18.94	19.11	19.32	19.44	19.61	19.69	19.94	20.10

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES.												
		−20°	−15°	−10°	− 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
m. mil. 0.024	0.780	18.13	18.30	18.47	18.66	18.83	19.00	19.18	19.34	19.51	19.68	19.76	20.01	20.14
	0.770	18 24	18.42	18.60	18.78	18.95	19.13	19.30	19.47	19.64	19.81	19.89	20.13	20.19
	0.760	18.36	18.54	18.72	18.90	19.08	19.25	19.42	19.60	19.76	19.93	20.06	20.28	20.43
	0.750	18.49	18.67	18.85	19.03	19.20	19.38	19.55	19.73	19.94	20.07	20.17	20.40	20.57
	0.740	18 61	18.71	18 97	19.15	19.33	19.51	19.68	19.86	20.03	20.15	20.29	20.55	20.70
	0.730	18.78	18.88	19.11	19.29	19.46	19.64	19.82	19.99	20.17	20.28	20.42	20.68	20.84
	0.720	18.87	19.05	19.24	19.42	19.60	19.78	19.96	20.18	20.31	20.48	20.57	20.82	20.99
m. mil. 0.026	0.780	18 87	19.05	19.23	19.42	19.60	19.78	19.96	20.13	20.31	20.48	20.57	20.82	20.97
	0.770	18.99	19.18	19.36	19.54	19.73	19.91	20.09	20.26	20.44	20.61	20.70	20.96	21.01
	0.760	19.11	19.30	19.49	19.67	19.86	20.08	20.22	20.39	20.52	20.75	20.88	21.11	21.26
	0.750	19.20	19.43	19.62	19.80	19.99	20.17	20.35	20.53	20.76	20.88	21.00	21.23	21.41
	0.740	19.37	19.52	19.75	19.94	20.12	20.31	20.49	20.67	20.85	20.98	21.11	21.39	21.55
	0.730	19.55	19.65	19.89	20.07	20.31	20.45	20.63	20.81	20.99	21.11	21.26	21.57	21.70
	0.720	19.64	19.83	20.02	20.21	20.40	20.59	20.77	21.00	21.14	21.32	21.41	21.67	21.85
m. mil. 0.028	0.780	19.58	19.77	19.95	20.15	20.34	20.53	20.71	20.89	21.07	21.25	21.34	21.61	21.76
	0.770	19.71	19.90	20.09	20.28	20.47	20.66	20.85	21.03	21.21	21.39	21.48	21 65	21.81
	0.760	19.83	20.03	20.22	20.42	20.61	20.79	20.98	21.17	21.35	21.53	21.67	21.90	22.06
	0.750	19.97	20.16	20.36	20.55	20.74	20.93	21.12	21.31	21.54	21.67	21.79	21.99	22.21
	0.740	20.10	20.21	20.50	20.68	20.88	21.08	21.26	21.45	21.67	21.77	21 91	22 20	22.36
	0.730	20 29	20.39	20.64	20.83	21.02	21.22	21.40	21.60	21.78	21.91	22.06	22.34	22 52
	0.720	20.38	20.58	20.78	20.98	21.17	21.36	21.56	21.79	[illegible]	22.12	22.22	22.49	22.67
m. mil. 0.030	0.780	20.27	20.47	20.66	20.86	21.05	21.25	21.44	21.63	21.81	22.00	22.09	22.37	22.52
	0.770	20.40	20.59	20.80	21.00	21.19	21.38	21.58	21.77	21.05	22.14	22.24	22.49	22.63
	0.760	20.53	20.73	20.93	21.13	21.33	21.52	21.72	21.91	22.10	22.29	22.43	22.67	22.84
	0.750	20.67	20.87	21.07	21.27	21.47	21.67	21.86	22.05	22.30	22.43	22.56	22.81	22.99
	0.740	20.81	20.91	21.22	21.42	21.62	21.82	22.01	22.20	22.40	22.53	22.68	22.97	23.15
	0.730	21.00	21.11	21.36	21.56	21.76	21.96	22.16	22.35	22.55	22.68	22.84	23.12	23.31
	0.720	21.09	21.30	21.51	21.71	21.92	22.11	22.31	22.56	22.71	22.90	22.99	23.28	23.47
m. mil. 0.032	0.780	20.93	21.14	21.33	21.54	21.74	21.94	22.14	22.34	22.53	22.72	22.81	23.10	23.26
	0.770	21.07	21.27	21.48	21.68	21.88	22.09	22.29	22.48	22.73	22.87	22.96	23.23	23.39
	0.760	21.20	21.41	21.62	21.83	22.08	22.23	22.43	22.63	22.82	23.02	23.17	23.42	23.59
	0.750	21.35	21.56	21.76	21.97	22.17	22.38	22.58	22.78	23.03	23.17	23.30	23.56	23.75
	0.740	21.49	21.60	21.91	22.12	22.32	22.53	22.73	22.93	23.13	23.27	23.42	23.73	23.91
	0.730	21.69	21.80	22.06	22.27	22.48	22.68	22.89	23.09	23.29	23.42	23.58	23.88	24.07
	0.720	21.79	22.00	22.21	22.42	22.64	22.84	23.04	23.30	23.45	23.65	23.75	24.05	24.24
m. mil. 0.034	0.780	21.58	21.79	21.99	22.21	22.41	22.62	22.83	23.02	23.22	23.42	23.52	23.81	23.98
	0.770	21.72	21.96	22.14	22.35	22.56	22.76	22.98	23.17	23.37	23 57	23.67	23.94	24.13
	0.760	21.86	22.07	22.29	22.45	22.71	22.91	23.12	23.32	23.53	23.73	23.88	24.14	24.31
	0.750	22.00	22.22	22.43	22.65	22.86	23.07	23.27	23.48	23.74	23.81	24.01	24.28	24.45
	0.740	22.15	22.27	22.59	22.80	23.01	23.22	23.43	23.64	23.84	23.99	24.15	24.46	24.64
	0.730	22.35	22.47	22.74	22.96	23.22	23.38	23.59	23.80	24.00	24.14	24.31	24.65	24.81
	0.720	22.46	22.68	22.90	23.11	23.33	23.54	23.86	24.02	24.17	24.38	24.48	24.78	24.98
m. mil. 0.036	0.780	22.20	22 42	22.63	22.85	23.06	23.26	23.49	23.66	23.90	24.10	24.20	24.50	24.67
	0.770	22.34	22.56	22.79	23.00	23.21	23.42	23.61	23.84	24.05	24.26	24.36	24.64	24.73
	0.760	22.49	22.71	22.93	23.15	23.37	23.58	23.79	24.00	24.21	24.41	24.57	24.84	25.02
	0.750	22.64	22.86	23.08	23.30	23.59	23.74	23.95	24.16	24.42	24.58	24.71	25.00	25.19
	0.740	22.79	22.91	23.24	23.46	23.68	23.92	24.11	24.32	24.53	24.68	24.85	25.17	25.36
	0.730	23.00	23.12	23 40	23.62	23.84	24.06	24.27	24.49	24.70	24.90	25.02	25.33	25.53
	0.720	23.11	23.34	23.56	23.78	24.01	24.22	24.44	24.71	24.87	25.08	25.19	25.51	25.71
m. mil. 0.038	0.780	22.81	23.03	23.25	23.48	23.70	23.91	24.13	24.34	24.55	24.76	24.86	25.17	25.35
	0.770	22.96	23.18	23.41	23.63	23.85	24.07	24.29	24.50	24.71	24.92	25.02	25.34	25.41
	0.760	23.11	23.34	23.56	23.78	24.01	24.23	24.44	24.66	24.87	25.08	25.25	25.52	25.70
	0.750	23.26	23.49	23.72	23.94	24 17	24.39	24.61	24.82	25.10	25.25	25.39	25.67	25.88
	0.740	23.42	23.54	23.92	24.10	24.33	24.55	24.77	24.99	25.21	25.36	25.58	25.86	26.06
	0.730	23.63	23.76	24.04	24.27	24.49	24.72	24.94	25.16	25.38	25.52	25.70	26.02	26.23
	0.720	23.74	23.98	24.21	24.44	24.67	24.89	25.11	25.39	25.55	25.77	25.88	26.20	26.41

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES.												
		−20°	−15°	−10°	− 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
m. mil. 0.040	0.780	23.40	23.63	23.85	24.09	24.31	24.54	24.76	24.97	25.19	25.40	25.49	25.83	26.01
	0.770	23.55	23.79	24.02	24.24	24.47	24.69	24.92	25.13	25.35	25.57	25.68	25.97	26.07
	0.760	23.71	23.94	24.17	24.40	24.63	24.85	25.08	25.30	25 52	25.74	25.90	26.18	26.37
	0.750	23.87	24.10	24.33	24.56	24.79	25.02	25.24	25.47	25.75	25.91	26.05	26.34	26.55
	0.740	24.03	24.15	24.50	24.73	24.96	25.19	25.41	25.64	25.86	26.01	26.19	26.53	26.73
	0.730	24.25	24.37	24.67	24.90	25.13	25.36	25.59	25.81	26.04	26.19	26.37	26.70	26.91
	0.720	24.36	24.60	24.84	25.07	25.31	25.54	25.76	26.05	26.22	26.44	26.55	26.88	27.10
m. mil. 0.042	0.780	23.98	24.21	24.44	24.68	24.91	25.14	25.36	25.59	25.81	26.03	26.14	26.46	26.65
	0.770	24.14	24.37	24.61	24.84	25.07	25.30	25.54	25.75	25.98	26.20	26.31	26.61	26.71
	0.760	24.29	24.54	24.77	25.01	25.24	25.41	25.70	25.92	26.15	26.37	26.54	26.83	27.02
	0.750	24.46	24.65	24.93	25.23	25.41	25.64	25.87	26.10	26.38	26.55	26.69	26.99	27.21
	0.740	24.62	24.75	25.10	25.34	25 58	25 81	26.04	26.27	26.50	26.66	26 84	27.18	27.39
	0.730	24.85	24.97	25.28	25.51	25.75	25.99	26.28	26.45	26.68	26.83	27.02	27.36	27.58
	0.720	24.96	25.21	25.45	25 69	25.93	26.17	26.40	26.69	26.87	27.09	27.21	27.55	27.77
m. mil. 0.044	0.780	24.54	24.79	25.01	25.26	25.50	25.73	25.97	26.19	26.42	26.64	26.76	27.09	27.28
	0.770	24.70	24.95	25.19	25.43	25.66	25.89	26.14	26.36	26.59	26.82	26.93	27.24	27.34
	0.760	24.87	25.11	25.35	25.59	25.83	26.07	26.30	26 53	26.76	26.99	27.17	27.46	27.66
	0.750	25.03	25.28	25.52	25.76	26.00	26.24	26.48	26.71	27.00	27.17	27.32	27.62	27.85
	0.740	25.20	25.33	25.69	25.94	26.18	26.42	26.65	26.89	27.12	27.29	27.47	27.82	28.04
	0.730	25.43	25.56	25.87	26.11	26.36	26.60	26.84	27.07	27.31	27.46	27.66	28.00	28.23
	0.720	25.55	25.80	26.05	26.30	26.54	26.78	27.02	27.32	27.50	27.67	27.85	28.10	28.42
m. mil. 0.046	0.780	25.10	25.34	25.58	25.83	26.07	26.31	26.55	26.78	27.01	27.24	27.36	27.70	27.89
	0.770	25.26	25.51	25.75	26.00	26.25	26.48	26.73	26.95	27.19	27.42	27.53	27.85	27.96
	0.760	25.42	25.68	25.92	26.17	26.41	26.65	26.89	27.13	27.37	27.60	27.78	28.08	28.28
	0.750	25.59	25.85	26.10	26.34	26.59	26.83	27.07	27.31	27.61	27.78	27.93	28.25	28.47
	0.740	25.77	25.91	26.27	26.52	26.77	27.01	27.25	27.49	27.73	27.91	28.09	28.45	28.67
	0.730	26.00	26.14	26.45	26.64	26.95	27.20	27.44	27.68	27.92	28.08	28.28	28.63	28.86
	0.720	26.12	26.38	26.63	26.89	27.14	27.38	27.63	27.94	28.12	28.36	28.47	28.83	29.06
m. mil. 0.048	0.780	25.64	25.89	26.13	26.39	26.63	26.88	27.12	27.36	27.59	27.83	27.95	28.29	28.49
	0.770	25.80	26.06	26.31	26.56	26.80	27.05	27.30	27.53	27.77	28.01	28.13	28.45	28.56
	0.760	25.97	26.23	26.48	26.73	26.98	27.23	27.47	27.71	27.95	28.19	28.39	28.68	28.89
	0.750	26.14	26.40	26.66	26.91	27.16	27.41	27.65	27.90	28.20	28.38	28.53	28.85	29.09
	0.740	26.32	26.46	26.84	26.97	27.34	27.60	27.84	28.09	28.33	28.50	28.69	29 06	29.28
	0.730	26.56	26.70	26.96	27.28	27.53	27.78	28.03	28.28	28.52	28.69	28.89	29.24	29.48
	0.720	26.68	26.95	27.21	27.46	27.72	27 97	28.22	28.54	28.72	28.96	29.09	29.45	29.70
m. mil. 0.050	0.780	26.17	26.42	26.62	26.93	27.25	27.43	27.68	27.92	28.16	28.40	28.52	28.88	29.11
	0.770	26.30	26.59	26.85	27.11	27.36	27.61	27.86	28.10	28.34	28.55	28.71	29.06	29.18
	0.760	26.51	26.77	27.03	27.28	27.54	27.79	28.04	28.29	28.53	28.77	28.89	29.25	29.49
	0.750	26.68	26.95	27.21	27.47	27.72	27.97	28.23	28.47	28.72	28.96	29.09	29.45	29 69
	0.740	26.86	27.00	27.39	27.65	27.91	28.16	28 41	28.67	28.91	29.16	29.28	29.65	29.89
	0.730	27.05	27.13	27.58	27.84	28.10	28.35	28.61	28.86	29.14	29.36	29.48	29.84	30.09
	0.720	27 23	27.50	27.77	28.10	28.29	28.55	28.81	29.06	29.31	29.56	29.69	30.02	30.30
m. mil. 0.052	0.780	26.68	26 95	27.19	27.46	27.72	27.97	28.23	28.47	28.72	28.97	29.09	29.45	29.65
	0.770	26.86	27.12	27.38	27.64	27.90	28 15	28.41	28.66	28.91	29.16	29.27	29.61	29.73
	0.760	27.03	27.30	27.56	27.82	28.08	28.34	28.59	28.85	29.10	29.34	29.54	29.85	30.07
	0.750	27.21	27.48	27.75	28.01	28.27	28.53	28.78	29.04	29.36	29.54	29.70	30.03	30 27
	0.740	27.39	27.54	27.93	28.20	28.46	28.72	28.98	29.23	29.49	29.67	29.86	30.25	30.48
	0.730	27.65	27.79	28.13	28.39	28.65	28.92	29.18	29.43	29.69	29.86	30.07	30.44	30.69
	0.720	27.77	28.05	28.32	28.59	28.86	29.12	29.38	29.70	29.89	30.15	30.28	30.65	30.90
m. mil. 0.054	0.780	27.19	27.46	27.71	27.99	28.25	28.51	28.77	29.02	29.27	29.52	29.64	30.01	30.22
	0.770	27.37	27.64	27.97	28.17	28.43	28.69	28.96	29.20	29.46	29.71	29.83	30.17	30.39
	0.760	27.55	27.82	28.09	28.35	28.62	28.88	29.14	29.39	29.65	29.83	30.10	30.42	30.64
	0.750	27.73	28.00	28.27	28.54	28.81	29.07	29.33	29.59	29.92	30.10	30.26	30.60	30.85
	0.740	27.92	28.13	28.46	28.73	29.00	29.27	29.53	29.79	30.05	30.23	30.43	30.82	31.06
	0.730	28.17	28.32	28.66	28.93	29.20	29.47	29.73	29.99	30.25	30.43	30.64	31.02	31.27
	0.720	28.30	28.58	28.86	29.13	29.41	29.67	29.94	30.27	30.46	30.72	30.85	31.23	31.49

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES.												
		—20°	—15°	—10°	— 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
m. mil. 0.056	0.780	27.69	27.96	28.22	28.50	28.77	29.03	29.30	29.55	29.80	29.99	30.18	30.56	30.77
	0.770	27.87	28.14	28.42	28.69	28.95	29.22	29.49	29.74	30.00	30.26	30.38	30.73	30.84
	0.760	28.05	28.33	28.60	28.87	29.14	29.41	29.67	29.93	30.19	30.45	30.65	30 98	31.20
	0.750	28.24	28.52	28.79	29.07	29.34	29.61	29.87	30.13	30.46	30.65	30.82	31.16	31.42
	0.740	28.43	28.64	28.99	29.26	29.53	29.81	30.07	30.34	30.60	30.79	30.99	31.37	31.63
	0.730	28.69	28.84	29.19	29.46	29.74	30.01	30.28	30.54	30.82	30.98	31.20	31.59	31.84
	0.720	28.82	29.11	29.39	29.67	29.95	30.22	30.49	30.82	31.02	31.29	31.42	31.81	32.06
m. mil. 0.058	0.780	28.18	28.46	28.72	29.01	29.28	29.54	29.81	30.07	30.33	30.59	30.72	31.10	31.32
	0.770	28.36	28.61	28.92	29.19	29.46	29.73	30.01	30.27	30.53	30.79	30.92	31.27	31.49
	0.760	28.55	28.83	29.11	29.3[illegible]	29.66	29.93	30.20	30.46	30.73	30.99	31.19	31.58	31.76
	0.750	28.74	29.02	29.30	29.5[illegible]	29.86	30.18	30.40	30.67	31.00	31.20	31.36	31.72	31.97
	0.740	28.93	29.18	29.50	29.78	30.06	30.38	30.60	30.87	31.14	31.38	31.54	31.94	32.19
	0.730	29.20	29.35	29.70	29.98	30.26	30.54	30.82	31.08	31.35	31.58	31.75	32.15	32.41
	0.720	29.33	29.62	29.91	30.19	30.48	30.75	31.08	31.37	31.57	31.84	31.97	32.37	32.63
m. mil. 0.060	0.780	28.66	28.95	29.21	29.50	29.78	30.04	30.32	30.59	30.85	31.11	31.24	31.68	31.8[illegible]
	0.770	28.85	29.13	29.41	29.69	29.97	30.24	30.52	30.78	31.05	31.25	31.44	31.81	31.9[illegible]
	0.760	29.04	29.32	29.61	29.89	30.17	30.44	30.71	30.98	31.25	31.52	31.63	32.07	32.3[illegible]
	0.750	29.28	29.52	29.80	30.09	30.37	30.64	30.92	31.19	31.58	31.73	31.90	32.26	32.5[illegible]
	0.740	29.48	29.68	30.00	30.29	30.57	30.85	31.13	31.40	31.67	31.87	32.08	32.49	32.74
	0.730	29.70	29.85	30.21	30.50	30.78	31.06	31.34	31.62	31.89	32.07	32.30	32.70	32.96
	0.720	29.88	30.18	30.42	30.64	31.00	31.20	31.56	31.90	32.11	32.38	32.52	32.92	33.19
m. mil. 0.062	0.780	29.14	29.42	29.69	29.99	30.27	30.54	30.82	31.09	31.36	31.63	31.75	32.15	32.38
	0.770	29.32	29.62	29.90	30.18	30.46	30.74	31.03	31.29	31.56	31.84	31.97	32.33	32.5[illegible]
	0.760	29.52	29.81	30.10	30.39	30.66	30.94	31.22	31.50	31.77	31.97	32.25	32.60	32.82
	0.750	29.71	30.01	30.30	30.58	30.87	31.15	31.43	31.71	32.05	32.25	32.48	32.79	33.06
	0.740	29.91	30.08	30.50	30.79	31.08	31.36	31.64	31.92	32.20	32.40	32.61	33.03	33.28
	0.730	30.19	30.35	30.71	31.00	31.29	31.57	31.86	32.14	32.41	32.60	32.83	33.24	33.51
	0.720	30.33	30.63	30.92	31.21	31.51	31.79	32.08	32.43	32.64	32.92	33.06	33.47	33.74
m. mil. 0.064	0.780	29.60	29.89	30.17	30.47	30.75	31.03	31.32	31.59	31.86	32.13	32.27	32.67	32.90
	0.770	29.79	30.09	30.38	30.67	30.95	31.23	31.52	31.79	32.07	32.35	32.48	32.85	33.02
	0.760	29.99	30.29	30.58	30.87	31.16	31.44	31.72	32.00	32.28	32.55	32.77	33.12	33.[illegible]6
	0.750	30.19	30.49	30.78	31.07	31.36	31.65	31.93	32.21	32.57	32.77	32.95	33.32	33.59
	0.740	30.39	30.55	30.99	31.28	31.57	31.87	32.15	32.43	32.71	32.92	33.13	33.56	33.81
	0.730	30.67	30.83	31.20	31.50	31.79	32.08	32.37	32.65	32.94	33.12	33.36	33.77	34.04
	0.720	30.81	31.11	31.42	31.71	32.01	32.30	32.59	32.95	33.16	33.45	33.59	34.00	34.2[illegible]
m. mil. 0.066	0.780	30.06	30.36	30.64	30.94	31.23	31.51	31.80	32.08	32.36	32.63	32.77	33.18	33.41
	0.770	30.26	30.55	30.85	31.14	31.43	31.72	32.01	32.29	32.57	32.88	32.98	33.36	33.50
	0.760	30.46	30.76	31.05	31.35	31.64	31.93	32.21	32.50	32.78	33.06	33.27	33.63	33.87
	0.750	30.66	30.96	31.26	31.56	31.85	32.14	32.43	32.71	33.07	33.28	33.46	33.83	34.19
	0.740	30.86	31.10	31.47	31.77	31.99	32.36	32.65	32.93	33.22	33.43	33.64	34.08	34.[illegible]1
	0.730	31.15	31.31	31.69	31.98	32.28	32.58	32.87	33.16	33.45	33.64	33.87	34.30	34.57
	0.720	31.29	31.60	31.90	32.20	32.51	32.80	33.10	33.46	33.68	33.97	34.11	34.53	34.81
m. mil. 0.068	0.780	30.51	30.81	31.10	31.41	31.70	31.91	32.28	32.56	32.84	33.12	33.26	33.67	33.91
	0.770	30.71	31.01	31.31	31.61	31.90	32.20	32.49	32.77	33.06	33.34	33.48	33.86	33.9[illegible]
	0.760	30.91	31.22	31.52	31.82	32.11	32.41	32.70	32.99	33.27	33.48	33.78	34.14	34.38
	0.750	31.12	31.43	31.73	32.03	32.3[illegible]	32.62	32.92	33.21	33.57	33.78	33.96	34.34	34.62
	0.740	31.33	31.56	31.94	32.25	32.55	32.85	33.14	33.43	33.72	33.93	34.15	34.59	31.85
	0.730	31.61	31.78	32.16	32.47	32.84	33.07	33.36	33.66	33.95	34.14	34.38	34.81	35.09
	0.720	31.76	32.07	32.38	32.69	33.00	33.30	33.59	33.96	34.18	34.48	34.62	35.05	35.3[illegible]
m. mil. 0.070	0.780	30.96	31.27	31.55	31.87	32.16	32.46	32.75	33.04	33.40	33.61	33.75	34.17	34.40
	0.770	31.16	31.47	31.77	32.07	32.36	32.67	32.97	33.25	33.54	33.83	33.98	34.36	34.49
	0.760	31.36	31.67	31.98	32.21	32.58	32.88	33.18	33.47	33.76	34.05	34.27	34.64	34.89
	0.750	31.57	31.88	32.19	32.50	32.80	33.10	33.40	33.69	34.06	34.27	34.46	34.84	35.18
	0.740	31.79	31.96	32.41	32.72	33.03	33.33	33.62	33.92	34.21	34.42	34.65	35.09	35.36
	0.730	32.08	32.24	32.63	32.94	33.25	33.55	33.85	34.19	34.45	34.64	34.88	35.32	35.60
	0.720	32.22	32.54	32.86	33.17	33.48	33.78	33.09	34.46	34.68	34.98	35.13	35.56	35.85

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES.												
		−20°	−15°	−10°	− 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
	0.780	31.40	31.71	32.00	32.32	32.62	32.92	33.22	33.50	33.80	34.08	34.23	34.65	34.89
	0.770	31.60	31.91	32.22	32.53	32.83	33.13	33.44	33.72	34.01	34.31	34.45	34.84	34.98
m. mil.	0.760	31.81	32.12	32.43	32.67	33.05	33.35	33.65	33.94	34.24	34.53	34.75	35.13	35.38
0.072	0.750	32.02	32.34	32.65	32.96	33.27	33.57	33.87	34.17	34.55	34.76	34.95	35.34	35.62
	0.740	32.24	32.41	32.87	33.18	33.49	33.80	34.10	34.40	34.71	34.91	35.14	35.59	35.86
	0.730	32.53	32.70	33.10	33.41	33.72	34.03	34.33	34.68	34.93	35.13	35.38	35.82	36.11
	0.720	32.68	33.00	33.32	33.64	33.96	34.26	34.57	34.95	35.18	35.47	35.62	36.07	36.36
	0.780	31.83	32.15	32.44	32.76	33.07	33.37	33.68	33.97	34.26	34.55	34.70	35.13	35.37
	0.770	32.04	32.35	32.67	32.98	33.28	33.59	33.90	34.19	34.48	34.78	34.92	35.32	35.46
m. mil.	0.760	32.25	32.57	32.88	33.19	33.50	33.81	34.11	34.41	34.71	35.00	35.23	35.61	35.87
0.074	0.750	32.46	32.78	33.10	33.41	33.72	34.03	34.34	34.64	35.02	35.24	35.43	35.82	36.12
	0.740	32.68	32.85	33.32	33.64	33.95	34.34	34.57	34.86	35.18	35.39	35.62	36.08	36.36
	0.730	32.98	33.15	33.55	33.87	34.18	34.50	34.80	35.11	35.42	35.62	35.87	36.31	36.61
	0.720	33.13	33.46	33.78	34.10	34.42	34.73	35.05	35.43	35.66	35.96	36.12	36.56	36.86
	0.780	32.26	32.58	32.88	33.20	33.51	33.82	34.13	34.42	34.72	35.02	35.16	35.60	35.85
	0.770	32.47	32.79	33.11	33.42	33.74	34.04	34.32	34.65	34.95	35.25	35.39	35.80	35.95
m. mil.	0.760	32.68	33.00	33.32	33.64	33.95	34.26	34.57	34.87	35.18	35.47	35.71	36.09	36.36
0.076	0.750	32.90	33.22	33.54	33.86	34.18	34.49	34.80	35.11	35.49	35.71	35.96	36.31	36.60
	0.740	33.12	33.29	33.77	34.09	34.41	34.73	35.03	35.34	35.65	35.87	36.11	36.57	36.85
	0.730	33.42	33.60	34.00	34.32	34.64	34.96	35.28	35.58	35.89	36.10	36.35	36.80	37.10
	0.720	33.58	33.91	34.24	34.56	34.89	35.90	35.52	35.91	36.14	36.45	36.60	37.06	37.44
	0.780	32.68	33.00	33.31	33.64	33.95	34.26	34.57	34.87	35.18	35.47	35.62	36.07	36.32
	0.770	32.89	33.22	33.54	33.86	34.17	34.48	34.80	35.10	35.40	35.71	35.85	36.27	36.40
m. mil.	0.760	33.11	33.43	33.76	34.08	34.40	34.71	35.02	35.33	35.64	35.94	36.17	36.56	36.82
0.078	0.750	33.33	33.66	33.98	34.30	34.62	34.94	35.25	35.56	35.87	36.18	36.37	36.78	37.08
	0.740	33.55	33.73	34.21	34.54	34.86	35.18	35.49	35.80	36.11	36.34	36.57	37.05	37.33
	0.730	33.86	34.04	34.45	34.77	35.09	35.42	35.73	36.05	36.36	36.57	36.82	37.28	37.58
	0.720	34.02	34.35	34.68	35.01	35.34	35.66	35.98	36.38	36.61	36.92	37.08	37.54	37.84
	0.780	33.10	33.42	33.73	34.07	34.38	34.70	35.01	35.32	35.62	35.93	36.08	36.53	36.78
	0.770	33.31	33.64	33.97	34.29	34.60	34.92	35.25	35.55	35.85	36.16	36.31	36.73	36.87
m. mil.	0.760	33.53	33.86	34.19	34.51	34.83	35.23	35.47	35.78	36.09	36.40	36.63	37.03	37.29
0.080	0.750	33.75	34.09	34.41	34.74	35.06	35.38	35.70	36.02	36.41	36.64	36.84	37.25	37.52
	0.740	33.98	34.16	34.65	34.98	35.30	35.63	35.94	36.26	36.57	36.80	37.04	37.52	37.80
	0.730	34.29	34.47	34.89	35.21	35.54	35.87	36.19	36.51	36.82	37.03	37.29	37.76	38.15
	0.720	34.45	34.79	35.13	35.46	35.79	36.20	36.44	36.84	37.08	37.39	37.55	38.02	38.32
	0.780	33.51	33.84	34.15	34.49	34.81	35.13	35.45	35.76	36.07	36.37	36.58	36.98	37.24
	0.770	33.73	34.06	34.39	34.71	35.03	35.36	35.68	35.99	36.30	36.61	36.76	37.18	37.32
m. mil.	0.760	33.95	34.28	34.61	34.94	35.27	35.59	35.91	36.22	36.54	36.85	37.09	37.49	37.76
0.082	0.750	34.17	34.51	34.84	35.17	35.50	35.82	36.15	36.46	36.86	37.09	37.29	37.71	38.02
	0.740	34.40	34.60	35.08	35.41	35.74	36.07	36.39	36.71	37.03	37.26	37.50	37.98	38.28
	0.730	34.72	34.90	35.32	35.65	35.98	36.31	36.64	36.88	37.28	37.49	37.75	38.22	38.58
	0.720	34.88	35.22	35.56	35.90	36.24	36.56	36.89	37.30	37.54	37.86	38.02	38.49	38.80
	0.780	33.92	34.25	34.57	34.91	35.15	35.55	35.88	36.19	36.50	36.81	36.97	37.43	37.69
	0.770	34.13	34.47	34.80	35.13	35.46	35.78	36.12	36.42	36.74	37.06	37.21	37.64	37.78
m. mil.	0.760	34.36	34.70	35.03	35.36	35.69	36.03	36.34	36.66	36.98	37.30	37.54	37.94	38.22
0.084	0.750	34.59	34.93	35.27	35.60	35.93	36.26	36.58	36.91	37.31	37.54	37.75	38.17	38.48
	0.740	34.82	35.08	35.50	35.64	36.17	36.51	36.84	37.16	37.48	37.71	37.96	38.44	38.74
	0.730	35.14	35.32	35.77	36.08	36.42	36.75	37.08	37.41	37.78	37.95	38.21	38.69	39.00
	0.720	35.30	35.65	35.99	36.33	36.68	37.01	37.34	37.75	38.00	38.32	38.48	38.96	39.27
	0.780	34.32	34.66	34.97	35.32	35.65	35.97	36.30	36.62	36.94	37.25	37.41	37.87	38.13
	0.770	34.54	34.88	35.22	35.55	35.88	36.05	36.54	36.86	37.18	37.50	37.65	38.08	38.22
	0.760	34.77	35.11	35.45	35.78	36.12	36.45	36.77	37.10	37.42	37.74	37.98	38.39	38.67
m. mil.	0.750	35.00	35.34	35.68	36.02	36.36	36.69	37.02	37.34	37.75	37.99	38.19	38.62	38.93
0.086	0.740	35.23	35.42	35.92	36.26	36.60	36.94	37.27	37.60	37.92	38.16	38.41	38.90	39.20
	0.730	35.55	35.74	36.17	36.51	36.85	37.19	37.52	37.85	38.18	38.40	38.67	39.15	39.46
	0.720	35.72	36.07	36.42	36.76	37.11	37.44	37.78	38.20	38.45	38.77	38.94	39.42	39.74

HAUTEURS D'EAU OBSERVÉES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES.	TEMPÉRATURES. —20°	—15°	—10°	— 5°	0°	+ 5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30°	+35°	+40°
		VITESSES.												
	0.780	34.71	35.06	35.38	35.73	36.06	36.39	36.72	37.04	37.36	37.73	37.84	38.31	38.57
	0.770	34.94	35.28	35.63	35.96	36.29	36.62	36.97	37.28	37.60	37.93	38.08	38.52	38.67
	0.760	35.17	35.51	35.86	36.20	36.53	36.87	37.20	37.53	37.85	38.17	38.42	38.84	39.12
m. mil. 0.088	0.750	35.40	35.75	36.10	36.44	36.78	37.11	37.45	37.78	38.19	38.43	38.63	39.07	39.38
	9.740	35.64	35.91	36.34	36.68	37.02	37.37	37.70	38.03	38.36	38.60	38.85	39.35	39.65
	0.730	35.97	36.15	36.59	36.93	37.28	37.62	37.96	38.29	38.62	38.84	39.11	39.60	39.83
	0.720	36.13	36.49	36.84	37.19	37.54	37.88	38.22	38.64	38.89	39.22	39.39	39.87	40.20
	0.780	35.11	35.45	35.78	36.13	36.47	36.80	37.14	37.46	37.79	38.10	38.27	38.74	39.01
	0.770	35.33	35.68	36.03	36.37	36.70	37.04	37.40	37.70	38.03	38.36	38.52	38.96	39.10
	0.760	35.56	35.92	36.26	36.61	36.95	37.28	37.62	37.95	38.28	38.61	38.86	39.28	39.56
m. mil. 0.090	0.750	35.88	36.15	36.59	36.85	37.19	37.53	37.87	38.20	38.62	38.86	39.07	39.51	39.83
	0.740	36.04	36.23	36.75	37.10	37.44	37.79	38.12	38.46	38.88	39.03	39.29	39.79	40.10
	0.730	36.37	36.56	37.00	37.35	37.70	38.04	38.38	38.72	39.06	39.28	39.56	40.05	40.37
	0.720	36.54	36.91	37.26	37.61	37.96	38.31	38.65	39.08	39.33	39.66	39.83	40.32	40.65
	0.780	35.49	35.84	36.17	36.53	36.87	37.21	37.55	37.87	38.20	38.53	38.69	39.17	39.44
	0.770	35.72	36.08	36.42	36.77	37.11	37.45	37.80	38.12	38.45	38.78	38.94	39.39	39.53
	0.760	35.96	36.31	36.66	37.01	37.36	37.70	38.03	38.37	38.70	39.03	39.29	39.71	39.99
m. mil. 0.092	0.750	36.20	36.55	36.91	37.26	37.60	37.95	38.29	38.62	39.05	39.29	39.50	39.95	40.27
	0.740	36.44	36.63	37.16	37.51	37.86	38.21	38.54	38.88	39.22	39.46	39.72	40.23	40.54
	0.730	36.77	36.97	37.41	37.76	38.11	38.46	38.81	39.15	39.49	39.72	39.99	40.49	40.82
	0.720	36.94	37.31	37.67	38.02	38.38	38.93	39.08	39.51	39.76	40.10	40.27	40.77	41.10
	0.780	35.88	36.23	36.56	36.93	37.27	37.61	37.96	38.28	38.62	38.94	39.11	39.59	39.87
	0.770	36.11	36.47	36.82	37.17	37.51	37.85	38.21	38.53	38.87	39.20	39.36	39.81	39.96
	0.760	36.35	36.70	37.06	37.41	37.76	38.10	38.45	38.78	39.12	39.45	39.71	40.14	40.43
m. mil. 0.094	0.750	36.59	36.95	37.31	37.66	38.01	38.36	38.70	39.04	39.47	39.72	39.93	40.38	40.70
	0.740	36.83	37.02	37.56	37.91	38.27	38.62	38.96	39.30	39.65	39.98	40.15	40.67	40.98
	0.730	37.17	37.36	37.82	38.17	38.53	38.88	39.23	39.57	39.92	40.14	40.43	40.93	41.26
	0.720	37.34	37.71	38.08	38.44	38.80	39.15	39.50	39.93	40.19	40.53	40.71	41.21	41.45
	0.780	36.26	36.61	36.95	37.32	37.67	38.01	38.36	38.69	39.02	39.18	39.52	40.01	40.29
	0.770	36.49	36.85	37.21	37.56	37.91	38.26	38.61	38.94	39.28	39.62	39.78	40.23	40.38
	0.760	36.73	37.09	37.45	37.81	38.16	38.51	38.85	39.19	39.36	39.87	40.14	40.56	40.85
m. mil. 0.096	0.750	36.97	37.34	37.70	38.06	38.41	38.76	39.11	39.46	39.89	40.14	40.35	40.80	41.14
	0.740	37.22	37.42	38.04	38.31	38.67	39.03	39.37	39.72	40.07	40.31	40.58	41.10	41.42
	0.730	37.56	37.76	38.22	38.58	38.93	39.29	39.64	39.99	40.34	40.57	40.85	41.36	41.69
	0.720	37.74	38.12	38.48	38.84	39.20	39.56	39.92	40.36	40.62	40.96	41.14	41.65	41.98
	0.780	36.63	36.99	37.33	37.71	38.06	38.40	38.75	39.09	39.43	39.76	39.93	40.43	40.71
	0.770	36.87	37.23	37.59	37.95	38.30	38.65	39.01	39.34	39.68	40.03	40.19	40.65	40.80
	0.760	37.11	37.48	37.93	38.20	38.55	38.91	39.25	39.60	39.94	40.28	40.55	40.98	41.28
m. mil. 0.098	0.750	37.36	37.73	38.09	38.45	38.81	39.16	39.52	39.86	40.30	40.55	40.77	41.23	41.56
	0.740	37.61	37.81	38.35	38.71	39.07	39.43	39.78	40.13	40.48	40.73	41.00	41.52	41.84
	0.730	37.95	38.15	38.61	38.98	39.34	39.70	40.05	40.40	40.76	40.99	41.28	41.79	42.13
	0.720	38.04	38.50	38.88	39.24	39.62	39.97	40.33	40.78	41.04	41.39	41.56	42.08	42.42
	0.780	37.01	37.37	37.73	38.09	38.44	38.79	39.19	39.49	39.92	40.17	40.34	40.84	41.17
	0.770	37.24	37.61	37.98	38.33	38.69	39.05	39.40	39.74	40.09	40.43	40.67	41.10	41.27
	0.760	37.49	37.86	38.22	38.59	38.95	39.30	39.65	39.98	40.35	40.69	40.87	41.37	41.71
m. mil. 0.100	0.750	37.74	38.11	38.48	38.84	39.21	39.56	39.92	40.27	40.62	40.96	41.16	41.65	42.00
	0.740	37.99	38.18	38.74	39.10	39.47	39.83	40.09	40.54	40.89	41.24	41.41	41.93	42.27
	0.730	38.34	38.36	39.01	39.37	39.74	40.10	40.46	40.82	41.17	41.52	41.70	42.21	42.55
	0.720	38.52	38.89	39.27	39.64	40.01	40.38	40.74	41.10	41.46	41.81	41.99	42.51	42.84

NOTICE

SUR LA

MACHINE D'EXTRACTION

A DISTRIBUTION DE VAPEUR ÉQUILIBRÉE

PAR M. **J.-P. SCHIVRE**, INGÉNIEUR CIVIL,
Directeur des ateliers du Grand-Hornu.

Les machines à vapeur employées à l'extraction du charbon ont subi depuis quelques années des modifications importantes nécessitées par l'accroissement des charges à élever et des profondeurs des puits. Sans parler des différents types qui se présentent au choix des ingénieurs, c'est surtout comme puissance que ces machines se sont développées ; dans ce cas, pour arriver à une bonne utilisation de la vapeur, il faut conserver des courses réduites afin de rester dans des limites convenables de vitesse et par conséquent donner aux cylindres de grands diamètres. C'est alors que l'emploi des tiroirs ordinaires devient difficile à cause de leur grande surface sur laquelle agit une force considérable, qui rend le mouvement très-dur et très-pénible pour les machinistes. On conçoit le danger d'une telle situation qui réclame du mécanicien la plus grande attention aux diverses manœuvres à faire quand la cage arrive à l'orifice du puits ; d'ailleurs la plupart des accidents arrivent à ce moment ; ce sont des cages qu'on ne peut arrêter à temps, qui montent jusqu'aux poulies de belle-fleur, cassent les chaînes ou les cordes; puis retombent en se brisant sur les taquets et même quelquefois au fond du puits.

Pour remédier à ces graves inconvénients, il a été imaginé une foule de systèmes de distribution équilibrée, mais bien peu ont donné quelque résultat satisfaisant.

Dans certains cas on a employé un mouvement à vapeur pour aider

à la manœuvre du changement de marche, par exemple, au puits n° 12 du Charbonnage du Grand-Hornu, au puits Saint-Arthur du Charbonnage de Mariemont, etc.; c'est un remède extrême et coûteux, exigeant des mécaniciens habiles et n'atténuant en rien le travail absorbé par le fonctionnement des tiroirs pendant la marche de la machine.

Actuellement, les soupapes paraissent être en faveur près des ingénieurs des mines. L'emploi des soupapes est certainement préférable à celui des tiroirs ordinaires, au point de vue de la dépense de vapeur, comme sous le rapport de la facilité des manœuvres; mais, malgré les efforts tentés jusqu'à ce jour, le problème est loin d'être résolu d'une façon parfaite.

Bien peu de machines ont donné des résultats satisfaisants. Après un certain temps de marche, quelquefois très-court, les siéges de ces soupapes s'altèrent par les chocs répétés qu'ils reçoivent et réclament des soins continus; les nombreux leviers et pièces en mouvement prennent du jeu qui amène la perturbation dans la distribution, enfin les soupapes sujettes à une usure rapide (il y en a qui n'ont fonctionné que six mois) donnent aussi lieu à des accidents graves, lorsque par exemple, elles ne retombent pas sur leurs siéges ou qu'elles se séparent de leurs tiges. En outre la complication du mouvement rend le changement de marche assez dur, ce qui diminue la valeur d'un des avantages cités plus haut. On fait beaucoup valoir en faveur du système à soupapes les dégagements instantanés des orifices d'admission et d'échappement; ce sont certainement de bonnes conditions de marche, mais ces avantages peuvent être obtenus par une distribution ordinaire en réglant convenablement les avances à l'admission et à l'échappement; ainsi, les diagrammes recueillis sur la machine de Bernissart (voir plus loin) donnent de beaux résultats qui s'amélioreraient encore en augmentant l'avance à l'échappement.

Mon système de distribution, inventé depuis 1864, a résolu toutes les difficultés de la façon la plus complète.

En voici la description telle que je la donnais à cette époque :

Le tiroir proprement dit A (Pl. 84, fig. 1) fonctionne à l'intérieur d'une boîte en fonte B qui reçoit la vapeur des chaudières par la tubulure C, et dont la face plate *m n* s'adapte et se fixe au moyen de boulons à celle correspondante du cylindre moteur.

Le tiroir A est creux et divisé intérieurement par deux cloisons qui

forment quatre capacités *a*, *a'*, pour l'échappement et *b*, *b'* pour l'admission.

Les deux premières capacités *a*, *a'* communiquent entre elles par les deux ouvertures centrales *c*, *c'* et les deux autres *b*, *b'* par l'ouverture *d;* ces ouvertures sont pratiquées dans les cloisons.

La surface extérieure du tiroir est percée de quatre lumières *e*, *e'*, *f*, *f'*; celles *e'*, *f'*, sont diamétralement opposées aux deux autres *e*, *f*, et ont pour but d'équilibrer le tiroir. Ces quatre lumières correspondent exclusivement avec les deux capacités intérieures *b*, *b'* lesquelles sont ouvertes aux deux extrémités et communiquent par là avec l'intérieur de la boîte en fonte B.

D'autre part cette boîte B est percée de trois ouvertures D, D' E, celles D, D' communiquent avec les passages d'admission et celle E avec le passage qui conduit au condenseur ou à l'air libre.

Le tiroir est animé d'un mouvement de rotation alternatif qui lui est transmis par un excentrique dont la tige T est articulée à l'extrémité d'un levier *g* calé sur l'arbre *h*. Cet arbre porte un levier *g'* relié par une bielle à un levier *g''* fixé sur l'axe *h'* de rotation du tiroir. Ce mouvement de rotation alternatif produit un effet identique au mouvement des tiroirs plans, amène successivement les orifices *e*, *f* devant ceux D, D' conduisant aux deux extrémités du cylindre, et fait communiquer aussi les passages D, D' avec E.

Le tiroir étant circulaire, il s'équilibre de lui-même.

Cet équilibre est toujours complet, car si l'on prend pour exemple la position du tiroir lorsque la lumière *f* se trouve vis-à-vis de celle D' on voit que la vapeur s'introduisant dans le cylindre par le passage correspondant à D' produit une pression variable qui agit sur une partie de la surface extérieure du tiroir, laquelle est équilibrée complétement et régulièrement par la lumière *f'* et l'excavation *f''* qui sont diamétralement opposées à l'orifice *f*. En même temps, l'échappement s'opère par le passage D mis en rapport avec le passage E par la capacité *a* du tiroir; de cet échappement résulte une pression variable sur une partie de la surface extérieure du tiroir, laquelle est équilibrée par l'excavation *e''* qui est diamétralement opposée à l'orifice D.

Il résulte donc de cette disposition que le tiroir étant constamment équilibré, la pression qu'exerce la vapeur n'a aucune influence sur le mouvement de rotation alternatif, et l'effort nécessaire pour

imprimer ce mouvement est égal au frottement du tiroir dans la boîte B. Ce dernier effort est réduit à sa plus plus petite valeur par la disposition suivante :

Un ressort à boudin R agit au centre du grand diamètre du tiroir et force celui-ci à s'appuyer sans cesse contre la surface intérieure de la boîte, mais pour éviter tout coincement et tout frottement trop dur, une vis V vient appuyer au centre de l'axe de rotation; de cette façon le mouvement de va-et-vient s'exécute sur pointe, s'opère avec une grande douceur, et ne donne lieu à aucune fuite tant le contact des deux surfaces est parfait.

Cette disposition a donné de très-bons résultats.

J'ai apporté depuis une notable amélioration en augmentant le volume de la boîte B. Cette augmentation de capacité en diminuant le laminage de la vapeur a augmenté la pression utile; de plus, dans les cas où la vapeur entraîne de l'eau des chaudières et que ces eaux sont incrustantes, le nettoyage des tiroirs se fait plus facilement. J'ai constaté plusieurs cas d'incrustations de ce genre; par exemple : au puits n° 4 du Charbonnage de l'Escarpelle où les tiroirs se remplissaient complétement de dépôts marneux et au puits Saint-Alphonse du Charbonnage de Strépy-Bracquegnies dont les tiroirs de la machine étaient obstrués par un dépôt gras, savonneux, attribué à des suifs de mauvaise qualité.

Au Charbonnage du Poirier on a appliqué une deuxième vis W (pl. 84, fig. 2) afin de prévenir tout mouvement de recul du tiroir, soit sous l'influence d'un coup d'eau, soit à la suite de la rupture du ressort.

Cette vis W n'est pas serrée à fond, on la dispose de façon à réserver au tiroir un jeu en arrière de 2 millimètres environ, de façon que ce soit le ressort R qui applique le tiroir contre la boîte; il s'ensuit que le tiroir aura un mouvement élastique arriéré de 2 millimètres environ quand des engorgements d'eau viendront s'opposer à la manœuvre. Dans le cas de rupture du ressort, le recul sera limité.

Les dernières applications de mon système ainsi modifié ont parfaitement réussi.

Il est évident que ce système de distribution, n'empêche en rien l'adjonction d'une détente quelconque ou d'une coulisse, et qu'il peut s'appliquer indistinctement à tout système de machine.

On peut aussi le disposer de façon à ne donner la vapeur que d'un

seul côté, dans les cas, où, voulant économiser la vapeur des espaces nuisibles, les lumières d'admission se trouvent à chaque extrémité du cylindre.

Les machines établies aux charbonnages de l'Escarpelle et du Rieu-du-Cœur sont dans ce cas, et ont toujours très-bien fonctionné (Pl. 84, fig. 3 et 4.)

Mon système de distribution fonctionnant absolument comme les tiroirs plans, la consommation de vapeur ne doit subir aucune modification.

D'ailleurs, les expériences contradictoires faites en juin 1872 et mars 1873 au Charbonnage de la Louvière et la Paix avec le concours de M. Sohier, directeur des travaux, sur les distributions de vapeur établies à la machine du puits Sainte-Marie ont plutôt établi une amélioration en faveur de mon système.

Le tableau ci-dessous donne les conditions de marche de la machine dans les deux cas :

DÉSIGNATION.	DISTRIBUTION NON ÉQUILIBRÉE.	DISTRIBUTION ÉQUILIBRÉE.
Diamètre des cylindres	700$^{mill.}$	700$^{mill.}$
Course des pistons	1^{m}.50	1^{m}.50
Pression aux chaudières	3^{at} 1/4	3^{at} 1/4
Pression en avant du modérateur	2^{at} 1/4	2^{at} 1/4
Poids utile enlevé	1260^{k}	1260^{k}
Diamètre initial d'enroulement	3^{m}.260	3^{m}.660
Poids de la cage	1000^{k}	1000^{k}
Poids des chariots	1000^{k}	1000^{k}
Poids du câble par mètre	6^{k}.3	6^{k}.3

Diagramme relevé sur la machine avec l'ancienne distribution. Échelle de 10 millimètres par atmosphère.

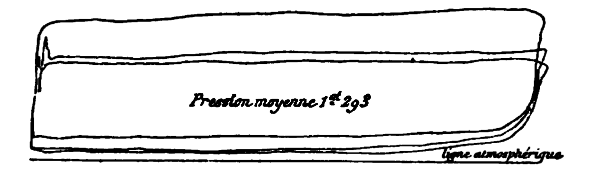
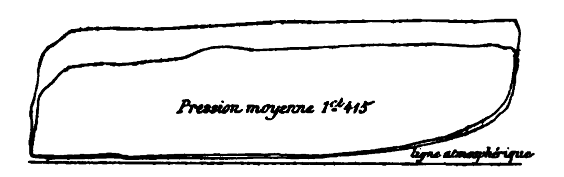


Diagramme relevé sur la machine munie de la distribution équilibrée, même ressort :



Ces diagrammes, relevés aux mêmes vitesses, et comparés entre eux donnent :

DÉSIGNATION.	DISTRIBUTION NON ÉQUILIBRÉE.	DISTRIBUTION ÉQUILIBRÉE.
Pression moyenne	1at.293	1at.415
Vitesse moyenne du piston	1m.566	1m.566
Vitesse moyenne du câble	6 .10	6 .949
Travail total	194ch.	216ch.
Travail utile	102 ,5	117
Rendement	0.528	0.540

Les conditions de marche étant restées les mêmes, il y a donc une légère amélioration. Ce résultat est pleinement confirmé par les expériences faites le 12 juin 1872, et les 5, 10 avril 1873 sur les quantités de houille brûlées.

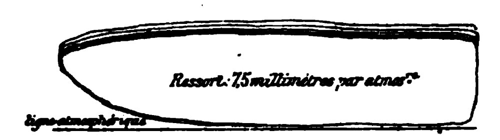
DÉSIGNATION.	DISTRIBUTION ORDINAIRE.	DISTRIBUTION ÉQUILIBRÉE.	
	12 JUIN 1872.	5 AVRIL 1873.	10 AVRIL 1873.
Pression aux chaudières	3at 1/4	3at 1/4	3at 1/4
Extraction moyenne pendant une heure	36620k	30220k	31800k
Consommation moyenne pendant une heure	9h·5	6h.	6h.70
Consommation moyenne rapportée à la tonne extraite	23k.35	17k.86	18k.90

Les consommations relevées sur les livres du Charbonnage pendant les quatre dernières années viennent encore à l'appui des tableaux précédents.

ANNÉE.	TONNES EXTRAITES.	CONSOMMATION	
		en hectolitres.	rapportée à la tonne extraite.
Distribution ordinaire... 1871.	136705	44869	0h.328
Id......... 1872.	141721	35366	0 .242
Distribution équilibrée.. 1873.	156901	32575	0 .208
Id......... 1874.	144116	30098	0 .208

La distribution de la machine du puits Sainte-Marie du Charbonnage de la Louvière et la Paix ne possède aucune avance; comme les tiroirs ont 5 millimètres de recouvrement extérieur, il y a donc du retard à l'admission et aucune avance ni retard à l'échappement; ce sont là évidemment de mauvaises conditions de marche visibles d'ailleurs sur les diagrammes et que la direction du Charbonnage de la Louvière et la Paix se propose de modifier au moyen d'excentriques réglés avec les avances nécessaires.

La machine d'extraction du Charbonnage de Bernissart (puits n° 4), réglée avec une avance de 2 millimètres à l'admission et de 7 millimètres à l'échappement nous a donné une amélioration considérable visible sur le diagramme ci-dessus relevé à des vitesses de 1m.60 au piston.



Pour les machines d'extraction destinées à extraire à de grandes profondeurs et dont les vitesses du piston atteignent et dépassent 2m.00, il faut augmenter l'avance à l'échappement. Les tiroirs équilibrés établis au puits Saint-André du Charbonnage du Poirier à Montigny-sur-Sambre (Charleroi) ont 12 millimètres d'avance à l'échappement, et la machine possède une légèreté d'allure remarquable; cette machine extrait à 800 mètres et le piston atteint des vitesses comprises entre 2m et 2m.50.

La première application de mon système fut faite en 1864 sur une machine d'extraction, verticale, à 2 cylindres, montée au puits n° 3 du Grand-Buisson. Diamètre du cylindre 0m.650, course 1m.80. Depuis cette époque, c'est-à-dire depuis douze ans, cette distribution a con-

stamment bien fonctionné et donné la plus grande facilité pour la manœuvre du changement de marche.

Les tiroirs ont été démontés plusieurs fois dans le seul but de s'assurer de l'état des surfaces en contact, et toujours cet état était parfait, les surfaces frottantes étaient polies comme des glaces, coïncidaient parfaitement et ne donnaient lieu à aucune fuite de vapeur. Très-satisfait de ces résultats, le Charbonnage du Grand-Buisson fit construire en 1868 pour son puits n° 2 une machine du même type, mais plus forte. Diamètre des cylindres 0^m,700, course 1^m.80. Voici les principales applications qui ont été taites de ce système de distribution.

En 1868. Une machine d'extraction, verticale, à 2 cylindres, pour le puits n° 8 du Charbonnage de La Louvière et la Paix. Diamètre des cylindres 0.700, course 1^m.80.

En 1868. Trois machines d'extraction au Charbonnage de Commentry à Fourchambault.

En 1869. Une machine d'extraction verticale, à 2 cylindres, pour le puits n° 1 du Charbonnage de 24 actions. Diamètre des cylindres 0^m.750, course 2^m.0.

En 1869. Une machine horizontale d'extraction, à distribution double (pl. 84, fig. 3) pour l'enfoncement d'un nouveau puits de la Société Charbonnière du Rieu-du-Cœur à Quaregnon. Diamètre du cylindre 0^m.50, course 0^m.86.

En 1870. Une machine d'extraction, verticale, à 2 cylindres, munie de distributions doubles (pl. 84, fig. 4) pour le puits n° 4 du Charbonnage de l'Escarpelle. Diamètre des cylindres 0^m,700, course 1^m.80.

En 1871. On place ma distribution à la machine d'extraction du puits n° 7 du Charbonnage de La Louvière et la Paix en remplacement de tiroirs plans.

En 1871. Même travail à la machine d'extraction du puits Saint-André du Charbonnage du Poirier.

En 1872. Même travail à la machine d'extraction du puits Sainte-Marie du Charbonnage de La Louvière et la Paix.

En 1872. Même travail à la machine d'extraction du puits Saint-Alphonse du Charbonnage de Strépy-Bracquegnies.

En 1873. Une machine d'extraction, verticale, à deux cylindres pour le puits n° 4 du Charbonnage de Bernissart. — Diamètre des cylindres 0^m.60, course 1^m.80.

En 1874. On remplace les tiroirs plans par ma distribution à la machine d'extraction du puits Saint-Charles du Charbonnage du Poirier.

En 1875. Même travail à la machine d'extraction du puits n° 6 du Charbonnage d'Hornu et Wasmes.

En 1875. Une machine d'extraction, verticale, à 2 cylindres pour le puits n° 7 du Charbonnage du Grand-Hornu. — Diamètre des cylindres 1^{m}.00, course 1^{m}80. — Cette machine est munie en outre d'une détente automatique.

En 1876. Une machine d'extraction, verticale, à 2 cylindres pour le puits n° 1 du charbonnage du Grand-Buisson. — Diamètre des cylindres 0^{m}.700, course 1^{m}.80.

Dans toutes ces applications, ma distribution a toujours fonctionné avec succès. Elle est facile à appliquer aux machines munies de tiroirs plans et lourdes à manœuvrer, et généralement il a toujours suffi de deux à trois jours d'arrêt pour opérer la modification.

NOTE

SUR UN

NOUVEAU SYSTÈME DE POULIE DE BELLE-FLEUR

PAR M. **J.-P. SCHIVRE**, INGÉNIEUR CIVIL.

Les poulies de belle-fleur ou molettes d'extraction, telles qu'elles ont été faites jusqu'à présent, sont généralement en fonte, coulées d'une seule ou de deux parties, suivant leur diamètre qui varie entre trois et quatre mètres.

Elles sont ainsi faciles à construire, et ne coûtent pas très-cher; mais elles ont l'inconvénient d'être fort lourdes, ce qui contribue à l'échauffement et à l'usure des coussinets sur lesquels elles reposent et tournent.

Pour alléger leur poids, on a eu l'idée de ne construire en fonte, que la jante et le moyeu, et de relier ces parties par des bras en fer ronds de 40 millimètres de diamètre, dont les extrémités sont engagées dans des mamelons en fonte faisant corps avec la jante et le moyeu. En opérant ainsi, on espérait relier assez fortement les bras au moyeu et à la jante, en les soudant en quelque sorte avec la fonte de ces parties de la molette, mais cette opération réussit rarement : au bout d'un certain temps, quelquefois très-court, les bras prennent du jeu dans la fonte du moyeu et de la jante, la solidité de la molette est, par ce fait, compromise, et donne des inquiétudes qui la font rejeter. C'est ainsi, et pour cette raison, que ce genre de poulies a été abandonné dans beaucoup de charbonnages.

Enfin, dans ces derniers temps, quelques ingénieurs ont construit entièrement en fer des molettes d'extraction ayant jusqu'à six mètres de diamètre. Cette construction est assurément très-jolie et doit présenter suffisamment de solidité, mais elle a l'inconvénient de coûter fort cher, et d'exiger des fers spéciaux que l'on ne peut se procurer que dans fort peu d'usines.

Les nouvelles molettes que j'ai construites sont en fer et fonte.

La jante extérieure sur laquelle passe le câble est en fonte coulée d'une seule pièce. Elle porte trente deux pattes également en fonte et coulées du même jet. La partie centrale, c'est-à-dire le moyeu, est également en fonte et porte autant d'entailles qu'il y a de pattes à la jante. Le trou du moyeu est alésé et rainé pour recevoir l'arbre en fer qui constitue l'axe de la molette.

La jante et le moyeu sont reliés entre eux par autant de bras en fer qu'il y a de pattes à la jante et d'entailles au moyeu.

Ces bras ou rayons, en fer de 80×15, sont fixés à la jante et au moyeu par des rivets en fer de 20 millimètres, ainsi que l'indique le dessin (pl. 84).

Ils sont, en outre, reliés entre eux par des entretoises en fonte, des boulons et des cercles en fer. Le nombre de bras et de cercles varie suivant le diamètre de la molette. Il doit y en avoir d'autant plus que la molette est plus grande.

Pour une molette de $3^{m},50$ à 4 mètres, trente-deux bras (seize de chaque côté) et un cercle suffisent. C'est ce que le dessin représente.

Si la molette devait avoir cinq à six mètres, il faudrait environ quarante bras, et quatre cercles en fer.

Ainsi construites, ces molettes sont légères, peu coûteuses et d'une solidité à toute épreuve.

Celles faites pour le puits n° 7 du Grand-Hornu ont quatre mètres de diamètre au contact du câble et trente deux centimètres de largeur entre les joues de la jante. Les axes ont 18 centimètres de diamètre au milieu et 14 aux tourillons, les paliers qui les reçoivent sont écartés de $0^{m}.720$. Les sommiers en bois qui les supportent sont armés. Chacune de ces poulies peut porter avec la plus grande sécurité 18 000 kilogrammes. Leur poids total, y compris l'arbre, est de 2850 kilogrammes chacune, et le prix de revient d'environ cinquante centimes le kilogramme.

NOTICE

SUR

M. E. SCHNEIDER

PAR M. A. RUBIN.

La biographie du créateur du Creusot est trop connue pour être refaite ici, et nous croyons devoir n'insister que sur le côté technique de la vie de M. E. Schneider. C'est comme membre sociétaire, et non comme membre associé, qu'il a fait partie de notre Société; il a cru, avec raison, que ses titres comme ingénieur étaient suffisamment établis pour qu'il n'eût pas besoin de se prévaloir de sa situation de grand administrateur.

Peu d'hommes ont allié aussi intimement que M. E. Schneider les qualités de l'ingénieur et de l'administrateur; qualités qui semblaient autrefois s'exclure, qui le semblent encore pour certaines personnes. On sait généralement aujourd'hui combien il est indispensable, dans notre profession, de s'occuper d'administration, d'affaires. M. E. Schneider, d'abord administrateur, sentit, dès son entrée aux affaires, la nécessité de devenir homme technique; il le devint. Dès les premiers jours, il commença son éducation technique : au bout de peu de temps il avait en mains la complète direction du Creusot. Dans son usine, alors qu'il se faisait une de ces grandes transformations conçues par lui, il vivait, pour ainsi dire, avec ses ingénieurs. La rédaction des plans se faisait sous ses yeux, d'après ses indications les plus minutieuses, puis, il surveillait l'exécution et présidait aux essais. Absent du Creusot, il faisait venir ses chefs de service auprès de lui, discutait avec eux, se faisait expliquer toutes choses en détail, et, grâce à sa haute supériorité, arrivait à perfectionner encore les projets laborieusement étudiés par les hommes éminents dont il s'était entouré.

M. E. Schneider aimait les ingénieurs : avec la connaissance des

hommes, qui était une de ses nombreuses qualités, il avait su choisir des supériorités comme Bourdon, Dubois, Judey; nous ne parlons que des morts. Peut-être le premier des industriels, il a compris combien les ingénieurs pouvaient être avantageusement utilisés, même dans des services purement administratifs. Il attachait une haute importance aux études théoriques, toute recherche scientifique était encouragée par lui, et le magnifique laboratoire des essais physiques et chimiques du Creusot est la preuve matérielle d'une tendance si rare, encore maintenant.

M. E. Schneider tenait essentiellement, avant toutes choses, à n'agir qu'en parfaite connaissance de cause. Après s'être initié à tous les travaux des ouvriers et aux études des ingénieurs, lorsqu'il avait quelque chose d'important à créer, il ne se contentait pas des éléments, d'une si grande valeur cependant, qu'il trouvait chez lui. Il allait ou envoyait voir ailleurs ce qui se faisait d'analogue ; ouvriers et ingénieurs étaient adressés par lui partout où il y avait quelque chose à apprendre, et revenus auprès de lui, étaient questionnés minutieusement sur ce qu'ils avaient vu. Ce qu'ils disaient était retenu par une des plus remarquables mémoires que l'on puisse citer, était examiné par cet esprit si sagace, discernant le vrai et le faux, appliquant au récit de chacun, dont il connaissait l'*équation personnelle*, la correction nécessaire.

Il provoquait la discussion, encourageait le moindre de ses agents à exprimer devant lui son opinion, librement et complétement. S'il reconnaissait une idée juste chez un autre, il en tenait compte immédiatement, fût-elle contraire à sa première manière de voir. Une erreur était-elle commise, évitant tout reproche, il demandait seulement que, de cette erreur franchement reconnue, il sortît un enseignement pour l'avenir. Puis, étant donnée une situation, il s'appliquait à en tirer le meilleur parti possible. Tout en développant l'initiative de chacun, il imprimait son cachet à toutes choses et y donnait un caractère d'unité frappant.

Lorsque MM. Schneider frères se rendirent acquéreurs du Creusot, en 1836, ces deux hommes éminents comprirent de suite de quel côté devaient être dirigés leurs efforts. Les chemins de fer naissaient, la navigation était dans l'enfance, ils eurent la prescience de l'avenir de ces deux éléments industriels, et ce fut à leur service qu'ils mirent leurs usines. Les rails devaient permettre à la forge de se développer, mais

cela ne suffisait pas, il fallait faire des locomotives, des machines fluviales, marines peut-être; *les ateliers de construction du Creusot* durent prendre une extension considérable, ils atteignirent le développement que l'on connaît.

C'était une grande difficulté, alors, que la création d'ateliers de construction de machines. Il n'y en avait en France qu'un bien petit nombre, et presque tous avaient pris plus ou moins directement leur origine, leurs inspirations, en Angleterre. Cela se comprenait d'ailleurs, parce qu'à cette époque on ne trouvait qu'en Angleterre des modèles pour l'exécution des grandes machines. MM. Schneider frères tinrent à ne recourir qu'à leurs propres ressources. Les difficultés étaient grandes cependant, tout était nouveau pour les ingénieurs; M. E. Schneider montra alors à quel degré il s'était assimilé les notions qu'il venait d'acquérir.

Les ateliers de construction du Creusot sont pour ainsi dire classiques. On sait qu'ils livrèrent la première locomotive exécutée en France. On sait aussi que c'est au Creusot que fut résolu le problème, exceptionnellement difficile, de la navigation du Rhône. C'est à propos de la construction de ces grands appareils que le marteau-pilon fut inventé.

Entrant dans tous les détails, suivant les travaux avec une ardeur exceptionnelle, M. E. Schneider faillit perdre la vie en assistant aux essais d'un de ces bateaux du Rhône, le *Cytise*.

La *forge* du Creusot, quoique produisant un tonnage important, se trouvait, en 1860, insuffisante pour fournir la production exceptionnelle que M. E. Schneider avait en vue; il fallait une forge nouvelle. M. E. Schneider conçut de faire d'un seul jet, dans le même lieu, la plus grande forge du monde. Cette forge est décrite, dessinée, dans tous les traités modernes de métallurgie. Ce que l'on peut en dire ici, c'est qu'elle a suffi à tous les développements de la production, que pas un de ses éléments, fours ou machines, n'a eu besoin d'être remanié, n'a manqué, et que les conditions économiques de la fabrication y sont restées constamment un minimum.

C'est dans cette période de la création de la nouvelle forge, que M. E. Schneider a fait son *échelle de qualités des fers et tôles*, classification qui a tant simplifié la désignation de ces produits, et qui a été adoptée, plus ou moins rigoureusement, presque partout en France.

Autrefois la confusion était grande à cet égard; depuis lors, il y a eu une désignation sérieuse, méthodique, scientifique. Aujourd'hui, non-seulement l'acheteur ordinaire sait, par le numéro de qualité, l'usage qu'il peut faire du produit qu'il achète, mais encore, par cette indication du numéro, l'ingénieur connaît la résistance sur laquelle il peut compter.

Pour arriver à établir cette échelle de qualités, il a fallu faire les études techniques les plus minutieuses, organiser le *service des essais*. M. E. Schneider consacra à cette organisation des soins tout particuliers. On commence à savoir aujourd'hui combien les recherches expérimentales de ce genre sont difficiles, on peut comprendre combien ce travail a dû être compliqué alors qu'il s'est agi, au Creusot, d'établir des points de repère dans la série indéfinie des fers et des tôles. Il a fallu à M. E. Schneider la persévérance qui était un des caractères de cette grande intelligence, pour diriger et suivre des recherches aussi nouvelles, en vue d'arriver à un but problématique jusqu'alors.

Il fallait, pour arriver à ce but, commencer par assurer la régularité pratique des produits, et, pour cela entrer aussi avant que possible dans les détails. Tout d'abord, il fallait assurer la régularité des minerais et des cokes, en en dirigeant avec sûreté l'exploitation et la fabrication, cette régularité devant être contrôlée par des analyses journalières. Ensuite, il fallait perfectionner la direction des fourneaux qui venaient d'être reconstruits, au Creusot, d'après les meilleurs types du moment. Cet immense travail fut accompli par l'initiative et sous la direction incessante de M. E. Schneider.

La dernière période, peut-être la plus remarquable, de la vie technique de M. E. Schneider, fut consacrée à la création des *aciéries*, et au développement des applications de l'acier à la construction des navires et des canons.

C'est en 1870 que M. E. Schneider mit en marche le premier groupe de convertisseurs Bessemer installé au Creusot, où les fours Martin Siemens fonctionnent depuis 1868; du premier jour, les résultats de cette nouvelle fabrication furent favorables. La production devint rapidement active. M. E. Schneider tint à ne commencer à livrer de l'acier en grandes quantités que lorsqu'il fut sûr de sa fabrication. Pour cela, il eut à résoudre une grande difficulté : trouver un minerai de qualité voulue, et en quantité suffisante pour une très-longue période, afin d'assurer la

continuité de la qualité. Les idées étaient peu fixées encore, les notions sur les minerais à employer beaucoup moins précises qu'aujourd'hui : des travaux se commençaient un peu partout, au hasard.

M. E. Schneider ayant fixé son choix sur le minerai à employer essentiellement au Creusot, — le remarquable minerai de Mokta, — s'occupa de rechercher la voie à suivre dans la fabrication de l'acier, qu'il allait entreprendre. C'est à lui que revient l'honneur d'avoir mis en lumière la supériorité de l'acier doux dans la plupart des applications, notamment les membrures et le bordé intérieur des navires, et les canons. Il a eu beaucoup à lutter, d'abord, pour arriver à réaliser cette fabrication spéciale, ensuite, pour en faire reconnaître la valeur. On peut dire qu'il a succombé aux suites des fatigues qui ont été la conséquence de l'espèce de passion avec laquelle il se livrait aux travaux concernant l'acier.

Apportant à l'étude de l'acier l'esprit de méthode qui le caractérisait, M. E. Schneider tint à avoir une classification dès que sa fabrication fut régularisée, classification analogue à celle qu'il avait faite pour le fer.

Le travail nécessaire pour y arriver était plus compliqué encore : on se trouvait en présence d'un métal à peine connu, donnant à un degré plus élevé la gamme complète des produits ferrifères; il était difficile de préciser en pareil cas. Jusqu'alors les classifications étaient d'ordre purement chimique, et étaient basées sur la teneur en carbone. On sait aujourd'hui que le manganèse, le phosphore jouent un rôle considérable dans les propriétés physiques industrielles de l'acier. Ce sont ces propriétés physiques qui furent choisies comme étalons par M. E. Schneider, pour la *classification des aciers* du Creusot. L'allongement à la rupture, ce phénomène très-facile à déterminer et le plus indépendant des autres circonstances relatives à l'essai, fut choisi comme base de l'échelle à établir pour les *numéros de dureté*. D'autre part, le degré de pureté chimique fut pris comme base de l'échelle à établir pour les *classes de qualité*.

Par rapport à la dureté, on ne considéra que les produits que l'on avait en vue au Creusot, où, dès le début, M. E. Schneider arrêta de ne faire que du métal partant du moyennement doux pour aller à l'extra-doux. On a exclu ainsi, au moins jusqu'à nouvel ordre, les fabrications qui, comme celle des outils, ne peuvent comporter que de l'acier dur.

La réalisation matérielle de la classification du Creusot a été présentée au public à l'exposition de Vienne, où les échantillons de chaque numéro

de dureté, pour chacune des qualités, ont été montrés sous diverses formes et appréciés comme ils le méritaient.

M. E. Schneider avait tenu à ce que son exposition à Vienne eût un caractère particulièrement méthodique, scientifique, l'acier devant y jouer le principal rôle. La simple vitrine des échantillons du Creusot représentait une somme de travail énorme : des milliers d'analyses chimiques, d'essais à froid et à chaud, d'expériences de traction; analyses et essais faits dans le grand laboratoire qui venait d'être inauguré. Chaque échantillon correspond à un mode de fabrication déterminé dans ses moindres éléments, à partir des charges aux hauts fourneaux.

La construction des *navires en acier* avait été tentée en Angleterre, dès les premières applications en grand de la méthode Bessemer; ce fut sans succès : le métal était trop dur, et on ne savait pas le travailler. Cette question fut reprise peu de temps après par M. l'ingénieur de Bussy, récemment nommé directeur des constructions navales; elle ne put avancer beaucoup, pour les même raisons. De son côté, M. E. Schneider constatant tous les jours l'irrégularité de l'acier dur et le danger de son application, dans certains cas, avait dirigé tous ses efforts dans un autre sens. Dès 1872, la fabrication de l'acier doux, métal se déformant et résistant plus que le fer, était assurée. En même temps, on savait quelles précautions demandait le travail de l'acier, quelle qu'en fût la qualité. La question des navires en acier était dès lors résolue, et M. de Bussy pouvait construire avec succès le *Tonnerre*, la *Tempête*, le *Redoutable*. On sait combien nous sommes maintenant en avance sur les Anglais, en ce qui concerne l'emploi de l'acier dans les navires.

M. E. Schneider a eu le mérite, en cherchant à fabriquer normalement de l'acier doux, d'en prévoir immédiatement toutes les applications, et de parvenir à faire admettre ses idées au sujet d'une application particulièrement importante, celle des *canons*.

En 1871, les hommes spéciaux de presque tous les pays, n'avaient, et ne pouvaient avoir, que des notions incomplètes sur l'emploi de l'acier dans les canons. On savait bien que Krupp avait déjà fabriqué plusieurs milliers de canons d'acier, mais on croyait qu'il était indispensable d'employer de l'acier dur, et l'on citait, en les exagérant, quelques accidents arrivés dans les batteries allemandes pendant la guerre. On croyait aussi

que l'acier à canon ne pouvait être fabriqué qu'au creuset, fabrication particulièrement délicate et peu développée en France. On concluait que, non-seulement les canons d'acier n'étaient pas absolument supérieurs à ceux en bronze, mais encore qu'il faudrait beaucoup trop de temps pour en installer la fabrication dans notre pays. Ce qui confirmait cette manière de voir, c'étaient les assez médiocres résultats obtenus avec des canons d'acier construits dans diverses usines françaises, pendant la guerre.

M. E. Schneider sut résister à ce courant d'opinions. Ses raisons furent enfin admises, des expériences furent faites au Creusot, et suivies avec le plus grand soin par une commission d'officiers d'artillerie. Le rapport de cette commission, rapport rédigé par le commandant Bobillier, a fait connaître aux lecteurs de la *Revue d'artillerie* les remarquables résultats obtenus dans ces expériences.

On peut compter aujourd'hui que notre canon de l'avenir sera en acier. M. E. Schneider aura contribué, pour une très-grande part, à la solution de cet important problème de notre réorganisation militaire.

A côté de la fabrication de l'acier à canon, il y a, pour l'industriel, à installer un outillage considérable. Le martelage des gros lingots exige, tout d'abord, l'emploi de pilons puissants. Au Creusot, où l'on a voulu pouvoir faire des canons de toutes dimensions, il fallait un pilon monstre.

M. E. Schneider prit pour point de départ le plus gros pilon actuel, celui de Krupp, ayant 50 tonnes de poids actif et $2^m.50$ de levée. Il décida, après mûr examen, que celui du Creusot aurait 60 tonnes de poids actif et 5 mètres de levée. Il arrêta toutes les conditions d'établissement de ce formidable engin et de ses accessoires gigantesques, grues et fours. En dernier lieu, déjà atteint par le mal dont il est mort, il voulut revoir l'ensemble des études qu'il avait fait faire. Des modèles à échelle réduite furent exécutés, on les lui envoya à Paris, et il trancha la question en fixant son choix.

La construction de ce gros pilon et celle de l'atelier où il fonctionnera, sont commencées en ce moment.

Après avoir rappelé la part prise par M. E. Schneider à l'œuvre technique accomplie au Creusot, nous dirons quelques mots de M. E. Schneider, comme administrateur.

Au commencement de cette notice nous avons indiqué les principales

qualités de M. E. Schneider comme chef d'industrie. L'ordre, la méthode, le besoin d'être renseigné sûrement en toutes choses, l'amenèrent de bonne heure à porter son attention sur la comptabilité des ateliers et l'établissement des prix de revient. Il créa des modèles en ce genre.

Un trait dominant chez M. E. Schneider, administrateur, c'est la vue très-nette qu'il eut de l'avenir de l'exportation en France. Il ouvrit positivement la voie à ses confrères, et, mettant à part le fait exceptionnel de la fourniture bien connue de locomotives au *Great Eastern railway*, on peut affirmer que si les marchés de la Russie, de l'Allemagne du Sud, de la Suisse, de l'Italie, de l'Espagne ont été aussi largement ouverts à nos maîtres de forges et à nos constructeurs en fer et de machines, c'est surtout grâce à l'action incessante de M. E. Schneider que cela est dû.

Ce n'a pas été une chose facile que d'arriver à vendre dans des pays habitués à ne connaître jusqu'alors, comme fournisseurs étrangers, que les Anglais et les Belges, et où l'on était porté à admettre que l'industrie du fer et celle des machines n'existait pas en France. Il a fallu de grands efforts, des sacrifices, pour arriver à se faire place sur ces marchés.

M. E. Schneider avait compris de bonne heure qu'il y avait possibilité, pour la France, à faire concurrence à l'Angleterre et la Belgique, quoique le prix du charbon soit plus élevé chez nous que dans ces deux pays. Il avait constaté que l'on pouvait réduire la consommation de combustible et que, dans le cas de l'Angleterre, la main-d'œuvre est plus élevée qu'en France. Il y avait donc possibilité d'arriver à des prix de revient égaux à ceux des étrangers.

Ce n'était pas tout que d'arriver à constater ce fait de la possibilité, pour les maîtres de forges et constructeurs français, de vendre au dehors aux prix belges et anglais, il fallait encore, pour vaincre la routine, offrir des avantages à l'acheteur; ces avantages furent la meilleure qualité des produits et la sûreté commerciale.

Toujours désireux d'être le premier dans toutes les spécialités qu'il abordait, M. E. Schneider n'ayant pas cessé un instant de perfectionner sa fabrication, les produits du Creusot ont rapidement acquis à l'étranger la notoriété qu'ils avaient en France. Ils ont prouvé que la France, non-seulement produisait et travaillait beaucoup le fer, mais encore dans des conditions égales à celles des premières maisons d'Angleterre et de Belgique. Les rails, les locomotives, les ponts du Creusot se rencontrent

jusque dans le Nouveau-Monde, et tous les ingénieurs en connaissent la valeur.

Il convient de signaler encore, dans l'œuvre de M. E. Schneider comme administrateur, les dispositions qu'il ne cessa de prendre pour améliorer le sort de ses ouvriers et de la population qui l'entourait. Ces dispositions ont été souvent décrites, notamment par l'éminent M. Louis Reybaud, de l'Institut, à qui le public doit tant de communications sages et complètes sur les questions d'ordre social. Il suffit de citer ici une des dernière mesures prises par M. E. Schneider : *le développement des écoles*.

Le Creusot, qui compte aujourd'hui près de 25,000 habitants, reçoit maintenant, dans ses seules écoles communales, 3,450 enfants à qui l'instruction est donnée *gratuitement*.

Dans les nombreuses et importantes annexes du Creusot : briqueteries, mines de fer, houillères, 1,340 enfants sont aussi instruits *gratuitement*.

Partout la gratuité est dépassée pour les pauvres, à qui on donne le matériel scolaire.

Les garçons sortant des écoles fournissent non-seulement le personnel ouvrier, mais encore, s'ils ont les aptitudes nécessaires, ils sont mis à même d'être utilisés dans les bureaux administratifs et techniques de l'usine.

Tous les ans, tous les élèves sont examinés publiquement par les maîtres, et par quelques ingénieurs de l'usine qui veulent bien donner leur concours à une institution si importante. Les plus méritants, 150 environ par an, suivent des cours spéciaux qui se font au Creusot. Vers 15 ans, les élèves qui ont suivi ces cours avec succès peuvent se présenter aux écoles d'arts et métiers où, tous les ans, un certain nombre d'entre eux sont reçus. Jusqu'ici, de ces derniers, pas un seul n'est sorti de l'école d'Aix avec un rang au-dessous du quinzième.

La plupart des élèves qui ont suivi les cours spéciaux de l'école du Creusot, sont reçus directement à l'usine ; quelques-uns, après un stage assez court à l'atelier, peuvent entrer au bureau de dessin, d'abord comme calqueurs, puis devenir dessinateurs chargés des études et même ingénieurs.

Le Creusot lui-même est, d'ailleurs, une grande école, M. E. Schneider ayant toujours tenu à ce que toute chose fût faite en parfaite connais-

sance de cause par tous ceux qui avaient à y participer. Il aimait à former les hommes, et tenait à ce que tous ses jeunes employés fussent en mesure d'acquérir, tout en faisant leur travail, l'ensemble des notions qui permettent, plus tard, de s'élever plus haut. C'est le système employé en Angleterre pour les *pupils*.

Nous connaissons tous des hommes occupant aujourd'hui, ailleurs même qu'au Creusot, des situations importantes, et qui, à leurs débuts, ont été guidés par M. E. Schneider personnellement.

Telle est, indiquée à grands traits, l'œuvre de M. E. Schneider, comme ingénieur et comme administrateur, œuvre considérable qui peut se résumer ainsi : *faire beaucoup, faire mieux tous les jours*.

NOTICE

SUR

THOMÉ DE GAMOND

INGÉNIEUR CIVIL, HYDROGRAPHE ET DES MINES
DOCTEUR EN DROIT, DOCTEUR EN MÉDECINE, OFFICIER DU GÉNIE MILITAIRE
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
DE L'INSTITUT DES INGÉNIEURS CIVILS DE LONDRES, DE LA SOCIÉTÉ D'AGRICULTURE DE FRANCE, ETC.

Nous avons eu le regret d'enregistrer et de publier dans notre Bulletin de février dernier, la perte que vient de subir la science en la personne d'un de nos plus illustres membres, Thomé de Gamond. C'est un devoir pour nous de raconter sommairement sa belle existence consacrée à la science.

Thomé de Gamond (Aimé) naquit à Poitiers le 31 octobre 1807. Après de brillantes études faites au collége de sa ville natale, il partit pour l'Allemagne afin d'y rejoindre le chef de sa famille, le comte Antoine Thibaudeau; il se fixa définitivement à Bruxelles. Cette ville faisait à cette époque partie du royaume de Hollande.

Grâce au patronage de puissants personnages, Thomé de Gamond obtint le précieux privilége de pouvoir achever à la fois, en cinq années, ses études médicales, celles de droit, du génie militaire et du génie civil. Puis, en 1829, il rentra en France, et y compléta ses études du génie et des mines. Il s'y occupa alors pendant quinze ans de fabrications industrielles, dans des usines métallurgiques et des verreries, dont il eut la direction.

Thomé de Gamond fut toute sa vie un grand travailleur, un chercheur infatigable; et, tout en s'adonnant au travaux indiqués ci-dessus, sa profession d'ingénieur et ses dispositions naturelles l'entraînaient aussi à s'occuper d'opérations géologiques et hydrographiques.

Il avait débuté dans sa première jeunesse, et en sortant de l'école du *Water Staat* (Génie des Eaux), par un projet de desséchement de la mer d'Harlem, et il avait offert au roi Guillaume Ier l'hommage de ce travail, comme tribut de reconnaissance pour la faveur exceptionnelle qui

lui avait été accordée de terminer ses études techniques dans les écoles des Pays-Bas.

Le relevé des sondes du lac d'Harlem, fait par Thomé de Gamond sur la demande de M. l'ingénieur des ponts et chaussées Frimot, qui projetait ce desséchement, ainsi que des grandes études sérieuses faites au Water Staat, avaient développé en lui un goût tout particulier pour l'hydrographie et les grands travaux hydrauliques.

Aussi, dès 1829, il eut la pensée de préparer la transformation de l'appareil hydraulique naturel de la France, en vue d'utiliser les immenses richesses que peut produire l'exploitation intelligente de ses cours d'eau. Il devait consacrer près de quarante années à cette intéressante question, et il publia un mémoire sur ce sujet en 1871. Nous nous réservons d'y revenir plus tard, dans le but de développer et faire connaître la dernière œuvre de notre regretté maître.

Thomé de Gamond, rentré en France vers la fin de la Restauration, fut conduit un peu plus tard à étudier les formations géologiques et les atterrissements anciens des vastes estuaires présentement occupés par les vallées inférieures de nos fleuves. Cet examen, qui se rattachait d'abord au projet de desséchement de la Camargue du Rhône, élaboré par lui sous les auspices de M. Gorsse, comprenait la comparaison par analyse des divers limons formant le sol de ces vallées, ainsi que la constatation de leurs origines et de la provenance successive de certains alluvions océaniques, depuis les travaux effectués en France par les Hollandais au dix-septième siècle. Son investigation s'étendit peu à peu sur les cordons littoraux de l'Océan, depuis la Gironde jusqu'aux bouches de l'Escaut.

Ce fut pendant l'exploration géologique du littoral de la Manche que lui vint la première pensée d'une voie de communication entre la France et l'Angleterre.

D'après l'aspect des lieux, cette communication lui parut avoir jadis naturellement existé. Mu par cette pensée et désireux d'obtenir un profil régulier du sol sous-marin dans le détroit de Calais, il fit une première campagne hydrographique, en 1833, pour relever les sondes marines entre Calais et Douvres, sur une ligne de 40 kilomètres.

Il eût pu s'épargner cette opération, assez laborieuse et quelque peu coûteuse pour un jeune ingénieur, s'il avait pu prévoir que ce même travail serait entrepris en grand dans ce détroit, deux ans après, par Beautemps-Beaupré.

Toutefois, cette étude avait tellement séduit Thomé de Gamond qu'il fut entraîné, pour la suivre, à délaisser un autre projet déjà commencé par lui sous l'incitation de Brisson, auquel il avait eu l'honneur d'être présenté par l'illustre Fresnel, en 1827, peu de temps avant la mort de ce dernier. Ce projet consistait dans un travail de canalisation pour la communication du bassin de la Loire avec la Gironde, par les vallées de la Vienne, du Clain et de la Charente supérieure.

Son premier projet, pour la traversée du Pas-de-Calais, fut achevé en 1834. Il consistait dans l'immersion d'un tube de fer par sections, disposé au fond du détroit, pour recevoir un muraillement intérieur en maçonnerie. Les obstacles dont le sol sous-marin est hérissé se composent d'une multitude de collines dont l'applanissement était nécessaire pour la pose d'un semblable tube.

Le redressement du sol sous-marin n'était pas une opération facile par des profondeurs variant de 20 à 60 mètres. La dépense totale causée par les différentes opérations, inutiles à indiquer ici, s'élevait au projet à 160 millions de francs.

Aussi ce projet, à peine fini, fut abandonné, et ce même procédé, en apparence facile, indiqué depuis par d'autres personnes, sans étude locale des difficultés existantes, n'a pas eu plus de succès.

Bouclier hydraulique (1835). En vue d'épuiser les différentes solutions du problème pour l'établissement d'une voûte au fond de l'eau, Thomé de Gamond étudia les conditions d'un bouclier sous-marin combiné pour cette destination.

Avec l'allure lente et méthodique prévue de ce bouclier, l'appareil se serait engagé dans le détroit pour ne plus s'arrêter, laissant successivement derrière lui, à l'instar d'un laminoir, les sections achevées du tunnel, et aurait mis trente ans pour arriver à la rive opposée. En opérant avec deux appareils partant des deux rives pour se rencontrer au milieu du détroit, la durée de la construction eût été réduite à quinze ans.

Néanmoins, mesurant l'abîme, qui parfois sépare de l'application les combinaisons mécaniques les mieux étudiées, Thomé de Gamond ne crut pas pouvoir se hasarder à proposer ce système d'un tunnel dans l'eau.

Ensuite, Thomé de Gamond étudia, en 1835-36, les diverses conditions de la construction d'un pont sur le détroit, de la ligne de Calais à Ness-Corner-Point, plus courte de 4 kilomètres que celle de Douvres à Calais.

Nous ne faisons ici mention que pour mémoire de ce projet de pont, qui fut également abandonné.

La dépense totale du projet du pont sur le détroit atteignait le chiffre de *quatre milliards de francs*, ainsi qu'il fut établi dans les mémoires.

Les dépenses nécessaires prévues pour ce projet de pont le firent abandonner par Thomé de Gamond dès l'année 1836, de l'avis unanime de trois confrères anglais, Robert Stephenson, Isambard Brunel et Joseph Locke, qui avaient suivi les détails de cette étude avec l'opinion persistante que le chiffre prévu pour la dépense du pont devait être surélevé d'un quart au moins, c'est-à-dire être porté à cinq milliards de francs.

Les trois éminents ingénieurs que nous venons de nommer suggérèrent à Thomé de Gamond l'idée de combiner, pour le projet de jonction, un système mixte, consistant dans le rétrécissement de l'isthme de Douvres, au moyen de deux jetées enracinées aux deux rivages opposés et se prolongeant aussi loin que possible dans la mer. Le détroit ainsi rétréci aurait été rapidement franchi à l'aide d'un énorme bac flottant mu par la vapeur.

Bac flottant sur le détroit. C'est pour donner un corps à cette idée que l'infatigable ingénieur étudia, en 1837, un projet de bac sur la ligne de Ness-Corner-Point, au cap Blanc-Nez, longue de 33,870 mètres. Les dépenses de ce projet, que nous n'indiquerons pas davantage ici, s'élevaient à 230 millions de francs.

L'abandon de ce troisième système coûta peu à Thomé de Gamond; mais il le laissa sous l'influence d'une surexcitation ardente pour la recherche d'un moyen de jonction plus radical. C'est alors que lui vint la pensée de franchir le détroit par une *voie souterraine* ouverte à travers le sol submergé. Deux longues campagnes d'exploration, entreprises par lui dans le cours des deux années 1838-39, eurent pour but l'étude géologique de ces terrains sous-marins SUR LA NATURE DESQUELS IL N'EXISTAIT ENCORE AUCUNE NOTION.

Il prit de loin l'investigation géologique et l'étendit au delà de la formation crétacée, à la série entière des terrains secondaires, depuis les anciens rivages où la mer Jurassique a jadis déposé ses sédiments. Cette zône d'exploration s'étendait à partir du comté de Warwick, en Angleterre, jusqu'au plateau de Fiennes, situé en France, à quelque distance de Calais.

Elle embrassait une largeur de 300 kilomètres, y compris le détroit lui-même.

Après deux années d'observations, les doutes de notre regretté collègue n'avaient pu être dissipés, ainsi qu'ils devaient l'être quelques années plus tard (après l'exploration des bancs du détroit); et il ne lui paraissait pas alors possible de s'arrêter à l'idée du percement d'un tunnel sous le détroit. Ses données sur l'état des lieux submergés n'étaient pas encore assez précises.

Isthme de Douvres (1840). Ce fut à cette époque que sa pensée s'arrêta sur le procédé radical de réunir le territoire anglais au continent au moyen d'un isthme continu d'enrochements, élevé à travers le détroit, avec la réserve de trois longues passes de navigation qui devaient être franchies par des ponts mobiles.

Dans la pensée que l'isthme de Douvres était la solution normale du problème qu'il s'était posé, et de l'avis d'un grand nombre d'ingénieurs des deux pays, Thomé de Gamond en resta là pendant un certain temps.

Deux ans après (1842), il entreprit différentes tournées géologiques sur le littoral de l'Océan. Elles ramenèrent sa pensée vers le projet du tunnel sous-marin. Il fit jusqu'en 1844 de nouvelles explorations.

L'Exposition universelle de Londres (1851) lui fit reprendre la question avec plus d'ardeur, et l'antipathie prononcée qu'il avait rencontrée chez les navigateurs des pays intéressés pour l'isthme d'enrochements sur le détroit, le ramena virtuellement et finalement à l'étude du passage souterrain.

Plusieurs campagnes géologiques locales, renouvelées d'année en année par le persévérant ingénieur, contribuèrent jusqu'en 1855 à élucider la question. Vers cette époque, une dernière exploration eut pour objet l'examen des bancs du détroit, et elle fut décisive par la lumière qu'elle apporta sur la nature jusqu'alors inconnue de ces formations sous-marines. Il en publia le mémoire en 1856. Ce fut dans cette dernière campagne que Thomé de Gamond descendit au fond de la mer, au milieu du chenal anglais, par des profondeurs de 33 mètres, pour cueillir des extraits argileux du sol sous-marin; il eut la satisfaction d'en remonter avec lui. Il opéra cette descente d'abord avec l'appareil de M. Siebe, et ensuite en plongeant à nu avec un lest de galets, opération tant soit peu téméraire, pendant laquelle il courut de graves dangers.

Nous regrettons que le cadre restreint de cette notice nous empêche de

raconter cette *visite au fond de la mer*, opération où Thomé de Gamond risqua sa vie pour la science, et où le lecteur aurait certainement trouvé des détails intéressants.

Cette campagne de 1855 lui permit d'élaborer le projet du tunnel sous-marin, qui fut présenté au gouvernement l'année suivante.

Thomé de Gamond émettait le vœu, dans la conclusion de son ouvrage (chap. VII), qu'une commission internationale fût chargée de son examen.

« L'examen officiel que nous invoquons (dit-il) paraît le complément
« nécessaire d'une étude que nous avons poussée jusqu'à la limite de
« nos forces personnelles. Il faut actuellement que ce travail soit repris
« par des intelligences collectives, très-versées dans la physiologie des
« roches et dans l'exploitation des gîtes souterrains. Il faut plus ; il faut
« l'assistance que peuvent seuls fournir les budgets de deux grandes
« nations.

« Nous ne venons pas défendre notre œuvre (dit-il), nous vous la
« livrons toute nue, pièce à pièce et dans son ensemble, profondément
« convaincu qu'elle recevra de vos lumières un concours coopératif, et
« qu'elle sortira de vos mains plus solide et plus complète. »

Cette modération et cette modestie dans l'exposé d'études qui lui avaient coûté tant de labeurs formaient bien le trait distinctif de son caractère.

De 1857 à 1858, les divers organes de la presse européenne ont successivement rendu compte des travaux de Thomé de Gamond. Les journaux quotidiens français et anglais ont, à plusieurs reprises, exposé à leurs lecteurs le projet du tunnel sous-marin.

Jusqu'à la fin de 1858, Thomé de Gamond s'occupa d'abord de rallier la coopération des trois principaux ingénieurs anglais. C'était chose facile pour Isambard Brunel et Joseph Locke, avec lesquels il était en rapport depuis longtemps. Il eut un peu plus de peine à rallier Robert Stephenson, qui paraissait vouloir suivre lord Palmerston dans la résistance systématique que ce dernier ne cessait d'opposer au projet.

Néanmoins, lord Palmerston lui-même consentit gracieusement à présenter Thomé de Gamond au prince Albert.

Le prince Albert accueillit ce projet avec une faveur marquée, et il dit quelques mots du *submarine tunnel* à la reine.

Deux jours après, Thomé de Gamond apprit du prince lui-même que la reine s'était montrée très-sympathique à son projet.

La question avait donc fait progressivement son chemin, et un projet nouveau fut terminé en 1866 et exposé à l'Exposition universelle de 1867.

En outre, le projet du canal interocéanique de l'Isthme américain l'occupa exclusivement pendant deux ans. Il communiqua ce projet à la Société des Ingénieurs civils, dans les deux séances des 19 octobre et 2 novembre 1866. Nous n'avons pas à en parler davantage ici.

Ainsi reparut à l'horizon la question du tunnel sous-marin avec les modifications apportées par l'étude.

Projet nouveau du tunnel sous-marin terminé en 1866. *Tracé du tunnel.* Le tracé part de Cape-Point, près Folkestone, et se dirige, en passant par le banc de Varne, vers la côte de France, qu'il atteint à l'est du cap Grinez. Ce tracé est long de 36 kilomètres. L'auteur du projet se proposait de faire un certain nombre de puits sur chaque littoral, et au besoin dans la mer, dans le but de rectifier les erreurs qu'il avait pu commettre en établissant le diagramme géologique indiquant les diverses sortes de terrains qu'il avait calculé devoir être traversées par le tunnel sous-marin. Dans l'édition avec atlas de son Mémoire sur le tunnel sous-marin [1], l'auteur publia le grand diagramme géologique des terrains traversés par le tracé.

En 1857, dans son premier Mémoire sur le tunnel sous-marin, l'auteur avait déjà dressé le tableau présentant la série géologique, suivant leur ordre de stratification, des terrains du détroit de Douvres (Pas-de-Calais).

Ces deux ouvrages diffèrent à peine l'un de l'autre, vu la proximité des lieux où sont tracés les deux profils, qui se confondent tout à fait du côté de la France.

Le creusement de ces puits lui paraissait devoir être le premier acte pour acquérir les éléments de certitude indispensables avant d'attaquer la grande opération du percement des galeries d'axe.

Pour les détails techniques : les *voies d'accession*, — l'*atelier et port provisoires sur le plateau de Varne*, — les *profil et coupe transversale du tunnel*, — les *galeries d'assainissement*, — les *citernes d'égout*, — l'*aérage du tunnel et des galeries*, — les *dépenses d'exécution*, — la *durée des travaux*, etc., etc., nous sommes obligés de renvoyer le lecteur au Mémoire avec atlas publié par l'auteur.

1. Publiée chez Dunod en 1869.

Nous noterons cependant ici que les dépenses prévues pour ce dernier projet montaient à 180 millions de francs. L'exposition du projet, en 1867, avait eu surtout pour but d'appeler la collaboration d'ingénieurs anglais et français. Il en résulta la formation d'un Comité *anglo-français* (1869), et cette même année une première demande en concession fut adressée au gouvernement français par ledit Comité. Des événements terribles pour la France allaient encore une fois entraver cet important projet. Pendant le siége de Paris, Thomé de Gamond, resté dans la capitale et alors âgé de 62 ans, demanda et obtint du général Trochu l'autorisation de former une légion de vétérans parisiens, recrutée parmi les hommes qui avaient dépassé 50 ans. La moitié de cette légion fut organisée en un corps actif de vétérans, fort de 8,000 hommes, sous le commandement du colonel *Gustave Lambert*, qui fut tué dans une sortie pendant le siége. L'autre moitié, de nombre égal, fut répartie dans les divers quartiers de Paris, sous le nom de garde civique. Quand la paix fut revenue, vers la fin de 1871, Thomé de Gamond reprit ses chères études et recommença les démarches utiles pour l'obtention de la concession du chemin de fer sous la Manche.

Grâce à sa persévérance, il touchait enfin au but principal de sa laborieuse existence. Dans le courant de février 1872, une Société de capitalistes et d'ingénieurs fut constituée à Londres, sous le titre de *Channel Tunnel Company* (*limited*) (Compagnie du Tunnel sous la Manche).

Les Comités formés dans les deux pays pour diriger les travaux préliminaires furent composés comme suit :

Pour l'Angleterre.

Président : M. lord Richard Grosvenor, membre du Parlement.

Vice-président : M. Williams Hawes, président du chemin de fer Est-Londres.

M. Frédérick Beaumont, major du génie, membre du Parlement.

M. Thomas Brassey, membre du Parlement.

Sir Edmond Buckley, membre du Parlement.

M. W.-B. Buddicom.

L'amiral George Elliot.

Le comte M.-C. de Wezele.

Pour la France.

Président : M. Michel Chevalier, membre de l'Institut.
M. Ch. Bergeron, ingénieur civil.
M. Édouard Blount, vice-président de la Société générale.
M. Caillaux, député de la Sarthe.
M. de Fourtou, ancien ministre des Travaux publics.
M. Paris, député du Pas-de-Calais.
M. Paulin Talabot, directeur général de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

Secrétaire-délégué pour les deux Comités : M. William Bellingham.

Ingénieurs : sir John Hawkshaw, MM. James Brunlees et *Thomé de Gamond.*

En 1873, le 8 juillet, le Comité français se constitua officiellement et demanda une enquête au ministre des Travaux publics. Enfin, en 1874, le Comité français, augmenté de membres nouveaux, reproduisit la demande en concession, et le projet de loi pour la déclaration d'utilité publique fut déposé le 18 janvier 1875.

Dès l'année 1869 intervient sir John Hawkshaw, un des plus éminents ingénieurs de l'Angleterre. Soutenu et aidé par son gouvernement, il avait fait sonder avec soin les deux rivages et le détroit sur toute sa largeur. Il avait indiqué une ligne dont le point de départ, du côté de la France, serait plus rapproché de Calais que ne le proposait Thomé de Gamond, et suivant laquelle on pourrait creuser le tunnel d'un bout à l'autre dans un banc de craie très-épais, compact, homogène.

Notre illustre maître fit facilement abnégation de lui-même en contresignant avec lui ses plans, ainsi qu'un autre ingénieur anglais, M. James Brunlees.

Les premiers travaux d'exploration ont déjà commencé en France, et la *Commission internationale* (février 1876) a conclu à l'unanimité à la possibilité de l'entreprise. Les dépenses nécessaires à l'accomplissement du projet de sir John Hawkshaw ont été évaluées par lui et les ingénieurs qui s'y sont associés au chiffre de 240 millions, sauf les rectifications qui pourront être faites à mesure que l'on avancera dans les travaux.

Malheureusement, Thomé de Gamond n'aura pas vécu assez longtemps pour voir terminer l'œuvre à laquelle il consacra réellement sa vie et sa fortune. Il aura eu, néanmoins, avant de mourir la satisfaction de voir commencer les travaux préliminaires.

L'intérêt qu'offrait l'historique et l'analyse du tunnel sous la Manche nous a forcé de développer un peu longuement ce projet. Nous nous bornerons donc, en terminant cette notice, à mentionner un autre travail capital de Thomé de Gamond, qu'il publia à Paris, en 1872, chez Dunod. C'est le ***Mémoire sur le projet du rétablissement du Port de Narbonne***, avec les plans et profils du port projeté ; suivi d'un ***Mémoire sur les ports maritimes et l'artillerie moderne***, et nous citerons encore un travail très-important sur lequel nous appelons l'attention du lecteur ; c'est le ***Mémoire sur l'appareil hydrographique de la France***[1].

Beaucoup d'ingénieurs pourront trouver, en lisant les ouvrages de Thomé de Gamond, de précieux renseignements, que cet excellent maître tenait généreusement, lorsqu'il vivait, à la disposition de tous.

Nous le répétons en terminant, la science a subi une perte considérable en la personne de Thomé de Gamond.

1. Publié chez Dunod en 1871.

Paris. — Imprimerie Viéville et Capiomont, 6, rue des Poitevins.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JUILLET ET AOUT 1876)

N° 36

Pendant ces deux mois, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Air comprimé pour la locomotion, système Mékarski* (Séance du 7 juillet, page 560).

2° *Machines locomotives Compound*, par M. Mallet (Séance du 7 juillet, page 562).

3° *Voyage en Autriche-Hongrie, fait par des membres de la réunion du chef de service des chemins de fer français*, par M. Richard (Séance du 7 juillet, page 563).

4° *Machine locomotive sans foyer*, par M. Francq (Séance du 7 juillet, page 586).

5° *Acier* (*Fabrication de l'*) *par le procédé Sherman*, par M. de Bruignac (Séance du 21 juillet, page 589).

6° *Chemins de fer en Turquie*, par M. Goschler (Séance du 21 juillet, page 599).

7° *Congrès d'hygiène et de sauvetage à Bruxelles* (Séance du 4 août, page 605).

8° *Société de l'Union du commerce et de l'industrie pour le déve-*

loppement et l'amélioration des voies de transports, par M. Deligny (Séance du 4 août, page 612).

9° *Sonnerie électrique avertisseur des incendies*, par M. Lockert (Séance du 4 août, page 613).

10° *Déformation permanente d'une poutre à la flexion*, par M. Marché (Séance du 4 août, page 616).

11° *Caisse d'économie à l'usage du personnel de la Compagnie parisienne de l'éclairage et du chauffage par le gaz*, par M. Arson (Séance du 4 août, page 623).

Pendant ces deux mois, la Société a reçu :

1° De M. Rubin, membre de la Société, une *Notice nécrologique sur M. Schneider*.

2° De M. Lockert, membre de la Société, une note sur un système de *Sonnerie électrique, avertisseur des incendies*.

3° De M. Henri Mathieu, membre de la Société, un exemplaire de notes sur les *Chemins de fer anglais*.

4° De M. Lauth, ingénieur, des exemplaires d'une note sur une *Nouvelle classe des matières colorantes*.

5° De Son Excellence M. le ministre des Travaux publics du royaume d'Italie, un exemplaire de la *Relazione statistica sulle construzioni e sull'esercizio delle strade ferrate italiane a tutto l'anno* 1875.

6° De M. Henri de Parville, un exemplaire de ses *Causeries scientifiques*, année 1875.

7° De M. Renard (Lucien), membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur l'*Hygiène, la salubrité publique et la fertilisation des campagnes*.

8° De M. Buarque de Macédo, directeur au ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics de l'empire du Brésil : 1° un exemplaire de l'*Exposé de l'empire du Brésil à l'Exposition universelle de Philadelphie en* 1876 ; 2° un exemplaire d'un volume intitulé : *El Exposição de obras publicas em* 1875.

9° De M. Robert Sabine, un exemplaire d'une brochure intitulée : *On a Method of Measuring very semall intervals of Time*.

10° De M. Achard, membre de la Société, un exemplaire d'un Mémoire sur la *Transmission et la distribution des forces motrices à grande distance*.

11° De M. Gody, un exemplaire d'une note sur son *Indicateur propre à indiquer la puissance des machines à grand nombre de tours*.

12° De M. Gautier, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur *la métallurgie en* 1875.

13° De M. Fievet, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport à l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur des départements de la Somme, de l'Aisne, de l'Oise et des parties limitrophes du Pas-de-Calais*.

14° De M. Ritterr, ingénieur civil, un exemplaire d'un rapport sur la *Réglementation du niveau du lac Léman et utilisation des forces motrices du Rhône à Genève*.

15° M. de Mathieu (Henri), membre de la Société, un exemplaire du résumé des *Rapports de MM. Findlay, Cudworth et Harrisson sur l'Exploitation des chemins de fer anglais, et de la discussion qui a suivi la lecture de ces rapports à l'Institut des Ingénieurs civils de Londres*.

16° De M. Édouard Simon, membre de la Société, une note sur les *Sociétés coopératives anglaises*.

17° De M. Colladon, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur l'*Entreprise de la Compagnie générale de Bellegarde, mise en vente le* 19 *août* 1876.

18° De M. Salomon (Georges), membre de la Société, *Méthode sur les fours à cuve, dits cubilots*.

19° Du *Bulletin officiel de la Marine*, les numéros de juillet et août de l'année 1876.

20° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros de mai et juin 1876.

21° *Annales industrielles*, les numéros de mai et juin 1876.

22° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de mars et avril 1876.

23° Des *Annales des mines*, le numéro de la 2e livraison de 1876.

24° Des *Annales du Génie civil*, les numéros de mai et juin 1876.

25° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros de mars et avril 1876.

26° Des *Annales de la construction* (Nouvelles), les numéros de mai et juin 1876.

27° Des *Annales des chemins vicinaux*, les numéros de mai et juin 1876.

28° De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France*, le numéro de son Bulletin.

29° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, le numéro 39 de son bulletin.

30° *De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de mai et juin de son bulletin de l'année 1876.

31° Du *Comité des forges de France*, les numéros 113 et 114 du bulletin.

32° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros de juillet et août 1876.

33° Du *Courrier municipal* (journal), les numéros de mai et juin 1876.

34° De l'*Encyclopédie d'architecture*, les numéros de mai et juin 1876.

35° De l'*Economiste* (journal), les numéros de mai 1876.

36° De l'*Engineering*, les numéros de juillet et août 1876.

37° De la *Gazette des Architectes*, les numéros de mai et juin 1876.

38° De la *Gazette du Village*, le numéro de juin et juillet 1876.

39° *Iron* journal *of science*, *metals et manufacture*, les numéros de mars et avril de l'année 1876.

40° De l'*Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs *Minutes of Proceedings* de 1875 et 1876.

41° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, les numéros du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

42° De l'*Institution of Mining Engineers americans*, les numéros de leurs *Transactions*.

43° Du *Journal d'Agriculture pratique*, les numéros de juillet et août 1876.

44° Du *Journal des Chemins de fer*, les numéros de juillet et août 1876.

45° Du *Journal de l'Éclairage au gaz*, les numéros de juillet et août 1876.

46° Du journal *of the American Society of Civils Engineers*, les numéros de mars et avril 1876.

47° De *la Houille* (journal), les numéros de juillet et août 1876.

48° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros de mars et avril 1876.

49° Du *Musée Royal de l'industrie de Belgique*, le numéro de mai 1876 de son bulletin.

50° Du *Moniteur des chemins de fer* (journal), les numéros de juillet et août 1876.

51° Du *Moniteur industriel belge*, les numéros de juillet et août de l'année 1876.

52° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros de mai et juin 1876.

53° Du *Moniteur des travaux publics* (journal), les numéros de juillet et août 1876.

54° De l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (journal), le numéro 4 de 1876.

55° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros de juillet et août 1876.

56° De la *Revue d'architecture*, les numéros 5 et 6 de l'année 1876.

57° De la *Revista de obras publicas*, les numéros de mai et juin 1876.

58° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros de juillet et août 1876.

59° De la *Revue horticole*, les numéros de juillet et août 1876.

60° De la Revue *les Mondes*, les numéros de juillet et août 1876.

61° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros d'avril et mai 1876.

62° *De la Société de Physique*, les numéros de son bulletin du premier trimestre de l'année 1876.

63° De la *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs *Transactions* pour l'année 1875 et 1876.

64° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin du premier trimestre 1875.

65° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros de mars et avril 1876 de son bulletin.

66° De la *Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens*, les numéros du deuxième trimestre de 1876, de leur *Revue périodique*.

67° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du premier trimestre 1876 de son bulletin.

68° De la *Société d'encouragement*, les numéros de juillet et août 1876 de son bulletin.

69° De la *Société de géographie*, les numéros de juillet et août 1876 de son bulletin.

70° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, les numéros du quatrième trimestre 1875 de son bulletin.

71° De la *Société des Ingénieurs portugais*, les numéros du premier trimestre 1876 de son bulletin.

72° *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du premier trimestre 1876 de son bulletin.

73° De la *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le deuxième numéro de son bulletin de 1876.

74° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin de mai et juin 1876.

75° De la *Société scientifique industrielle de Marseille*, le numéro du premier trimestre de 1876 de son bulletin.

76° De la *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 3 et 4 de 1876 de son bulletin.

77° De la *Société des Arts d'Edimburgh*, le troisième numéro de 1875 de son bulletin.

78° De la *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et*

belles-lettres du département de l'Aube, le tome XXI de la quatrième série de son bulletin.

79° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, son bulletin du premier trimestre de 1876.

80° De la *Société industrielle de Rouen*, le numéro du premier trimestre de l'année 1876 de son bulletin.

81° De la *Semaine financière* (journal), les numéros de juillet et août 1876.

82° *Sucrerie indigène* (*La*), par M. Tardieu, les numéros de mai et juin 1876.

83° Du *The Engineer* (journal), les numéros de juillet et août 1876.

84° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du premier trimestre 1876 de son bulletin.

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois de juillet :

MM. Andelle, présenté par MM. De Dion, Muller et Richard.
Blondin, présenté par MM. Carimantrand, Hallopeau et Marché.
Bourdelas, présenté par MM. Bobin, Fraix et Richard.
Cormier, présenté par MM. Cail, Dolabaratz et Plocq.
Helson, présenté par MM. Chabrier, Jordan et Périssé.
Masure, présenté par MM. Lecherf, Ulens et Urban.
Pompon, présenté par MM. Bobin, Callon et Richard.
Privé, présenté par MM. Boivin, Cornuault et Loiseau (Désiré).
Vergnol, présenté par MM. Bobin, Love et Richard.

Comme Membres Associés :

MM. Bischoffsheim, présenté par MM. Loustau, Mathias et Richard.
Simon, présenté par MM. Brüll, Loustau et Orsat.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IVᴱ BULLETIN DE L'ANNÉE 1876

Séance du 7 Juillet 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 juin est adopté.

M. Mékarski demande la parole pour répondre aux deux lettres de M. Lencauchez, dont il a été donné lecture dans la séance précédente, à laquelle il n'assistait pas.

Il regrette que M. Lencauchez avant d'écrire ces lettres, n'ait pas jugé convenable de lui faire part de son intention. Il aurait pu lui donner des explications qui eussent peut-être modifié ses idées sur la question qu'il a cru devoir agiter, ou tout au moins faire suivre immédiatement ses observations de la réponse qu'elles appellent.

M. Mékarski ne voit pas sur quoi se fonde M. Lencauchez pour affirmer que sa machine est identique à celle de MM. Andraud et Tessié du Motay, avec laquelle elle n'a de commun que d'être également une locomotive à air comprimé.

Ce qui caractérise le système de M. Mékarski, en outre du chiffre élevé de la pression à laquelle l'air est emmagasiné et que l'on n'avait pas jusqu'ici cru possible d'atteindre pratiquement, c'est l'emploi d'un détendeur, pour régulariser la puissance développée, et la combinaison de l'air comprimé avec une certaine proportion de vapeur, pour prévenir le refroidissement pendant la détente, et rendre par là celle-ci plus efficace.

Or, il n'existait dans la machine de M. Andraud rien d'analogue au régulateur de M. Mékarski : le distributeur dont se servait M. Andraud fonctionnait à la façon de celui des locomotives ordinaires, c'est-à-dire comme un simple robinet qu'on ouvrait progressivement, à mesure que la pression diminuait. Il exigeait donc une manœuvre continuelle, tandis que le régulateur de M. Mékarski fonctionne automatiquement.

M. Lencauchez méconnaît d'ailleurs absolument les avantages de cette disposition, à laquelle il adresse de nouveau le reproche de faire perdre une fraction notable de l'emmagasinement de travail. Il préconise, comme permettant d'utiliser, dès le début, la totalité de la détente, un organisme à très-longue détente appliqué, paraît-il, sur une locomotive construite en Allemagne.

M. Mékarski s'est expliqué sur ce sujet dans la séance du 3 mars, où il a essayé de faire voir que par ce procédé, pas plus que par le sien, il n'est possible de tirer d'un approvisionnement d'air comprimé une puissance constante, sans perdre une partie de la détente, soit à la fin, soit au début.

Ce qu'il a dit à ce propos paraissant ne pas avoir été bien compris, il croit devoir rendre sa pensée plus claire au moyen de quelques formules simples :

Si l'on représente par :

V la capacité du cylindre;

v le volume de fluide dépensé à la pression H, par coup de piston;

h la contre-pression atmosphérique,

le travail moteur par cylindrée, qui mesure la puissance de la machine, a pour expression :

$$vH\left(1+L\frac{V}{v}\right)-Vh,$$

ou

$$V\left[H\frac{v}{V}\left(1-L\frac{v}{V}\right)-h\right]. \qquad (1)$$

C'est cette expression qui doit conserver une valeur constante pour d'autres valeurs H' et v'.

Il faut donc que l'on ait :

$$H\frac{v}{V}\left(1-L\frac{v}{V}\right)=H'\frac{v'}{V}\left(1-L\frac{v'}{V}\right).$$

Si l'on suppose $H' < H$, on a évidemment $v' > v$ et $1-L\frac{v}{V}<1-L\frac{v'}{V}$.

Donc,

$$H'\frac{v'}{V}>H\frac{v}{V}.$$

Or, chacun de ces termes représente précisément la pression à la fin de la course du piston dans les conditions d'admission correspondantes : cette pression allant en croissant, il est évident que la détente, supposée complète au début, doit l'être ensuite de moins en moins.

Ainsi, par exemple, si l'on commence par détendre au $\frac{1}{25}$ de l'air à

25 atmosphères, on ne détendra plus qu'au $\frac{1}{3}$ à 6 atmosphères, et plus du tout à la pression de $4^{at},22$.

Le bénéfice, s'il y en a un, est donc assez petit et largement compensé d'ailleurs, comme l'a fort bien dit M. Mallet, par les inconvénients qu'entraîne l'emploi de semblables expansions : efforts initiaux excessifs sur les pistons et le mécanisme, refroidissements impossibles à combattre, etc.

A ce propos, M. Mékarski demandera à M. Lencauchez de vouloir bien compléter les détails qu'il a donnés sur la machine de Kalk, en indiquant comment les constructeurs allemands, dont il s'est fait l'interprète, ont remédié à cette dernière difficulté.

Le fait le plus important, que M. Lencauchez ait mis en avant, est que M. Andraud pratiquait également le réchauffement de l'air en le faisant passer, avant de l'introduire dans les cylindres, sur des plaques chauffées par une lampe.

Ce procédé, auquel M. Andraud avait été conduit pour prévenir les congélations, qui s'étaient sans doute produites dans les premiers essais, est celui auquel M. Mékarski faisait allusion dans sa communication, lorsqu'il avait l'honneur de faire observer que pour utiliser convenablement l'expansion de l'air comprimé, il ne pouvait suffire de le chauffer avant la détente, la somme de calorique emmagasinée dans un gaz à une température même très-élevée, étant toujours très-faible.

La différence entre ce système et celui du réchauffement par addition de vapeur est fondamentale. Dans le premier cas, en effet, la température de l'air, quelle qu'elle soit à l'admission, s'abaisse rapidement pendant la détente, tandis que dans le second cas elle varie très-peu, ce qui est la condition pour obtenir le maximum d'effet utile.

En outre, l'air chaud exerce, on le sait, sur les graisses et garnitures une action destructive très-rapide, tandis que l'air saturé de vapeur se comporte à l'égard de celles-ci comme la vapeur elle-même.

M. Mékarski se croit donc parfaitement fondé à repousser l'allégation de M. Lencauchez, qu'il aurait simplement repris la question au point où MM. Andraud et Tessié du Motay l'avaient laissée 36 ans auparavant.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante, qu'il a reçue de M. Mallet :

« Monsieur le Président,

« S'il m'avait été possible d'assister à la séance de ce soir, je vous aurais demandé de vouloir bien m'accorder la parole pendant quelques instants, afin de communiquer à la Société les résultats sommaires des essais qui viennent d'être faits au Creusot, sur des locomotives Compound, construites par MM. Schneider et Compagnie, d'après mon système.

« Je me propose de faire, dans une des prochaines séances, une communication détaillée sur l'application du système Compound dans les locomotives, application que, dans les discussions qui ont eu lieu à propos de la

machine de M. Mékarski, j'ai, mes collègues s'en souviennent peut-être, constamment recommandée comme devant considérablement augmenter l'effet utile de la vapeur.

« Je désire toutefois, M. le Président, apprendre de suite à la Société que les machines dont je viens de parler, destinées au chemin de fer de Bayonne à Biarritz, ont donné à leurs essais des résultats complétement satisfaisants. Les ingénieurs français et étrangers qui m'ont fait l'honneur de suivre ces essais, et au nombre desquels figurent plusieurs de nos collègues, ont pu constater que les objections faites à l'emploi sur les locomotives de machines Compound à deux cylindres seulement, un petit et un grand, commandant des manivelles à angle droit, n'ont pas l'importance qu'on leur attribuait *à priori*.

« En effet, d'une part, malgré une inégalité excessive parfois de travail sur chaque piston, cette inégalité variant d'ailleurs de valeur et même de sens suivant le mode de fonctionnement, la stabilité de la machine est restée parfaitement satisfaisante, même à des vitesses assez considérables. D'autre part, malgré la réduction de moitié du nombre des coups d'échappement, dans le fonctionnement Compound, la production de vapeur a été beaucoup plus que suffisante aux besoins de la machine, et il est certain que les dimensions de la chaudière, dimensions déjà réduites par rapport aux machines ordinaires, auraient pu être encore diminuées; de plus la vaporisation augmente considérablement dans le cas du fonctionnement direct, et reste, par conséquent, assez sensiblement proportionnelle à la dépense de vapeur.

« En somme, je crois pouvoir aujourd'hui, expérience faite, affirmer que le fonctionnement Compound s'applique sans difficultés d'établissement et de service et sans la moindre complication aux machines locomotives des chemins de fer, et qu'en dehors de l'économie de combustible et d'eau, qui est certainement très-notable, son emploi permet de donner à l'appareil, tant comme machine que comme générateur, une élasticité de puissance vraiment surprenante.

« Je me borne à indiquer en ce moment la nature des résultats constatés, me réservant de développer prochainement devant la Société une question qui me paraît d'une grande importance pour l'exploitation des chemins de fer, surtout d'intérêt local.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc. »

M. le Président rend compte d'un voyage en Autriche-Hongrie qu'il vient de faire avec les membres de la réunion des chefs de service des chemins de fer français.

Le 24 mai 1876, nous partions de Paris au nombre de treize membres de la réunion des chefs de service des chemins de fer français, tous membres de la Société des Ingénieurs civils, MM. Loustau, Mathieu, Coffinet, Desgrange, Coutin, Baudin, Bricogne, Collet, Chabrier, Wissocq, Germon et

Richard. Nous partions dans un wagon-salon que la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée avait bien voulu mettre à notre disposition.

Arrivés à Modane, limite du territoire français du côté de l'Italie, nous avons trouvé M. Bachelet, chef d'exploitation de la section des chemins de fer de la haute Italie, et M. Kossuth, ingénieur en chef du matériel de la Compagnie, qui nous attendaient et nous offrirent une voiture du système Pulmann pour faire le voyage de Modane à Turin.

J'ai déjà eu l'occasion, Messieurs, de vous parler de la traversée du Mont Cenis, que nous allions faire une seconde fois, je ne vous en entretiendrai donc pas longuement.

Cette traversée se fait toujours très-facilement, on ne ralentit qu'à la tête du côté de France qui se trouve dans les terrains glaiseux, et où se sont produits quelques éboulements qui ont nécessité des boisages pour faire les consolidations. Le tunnel est en très-bon état. Nous l'avons traversé en 23 minutes, en constatant, comme à notre premier passage, que l'aération y est parfaite, que la chaleur et la fumée n'y sont nullement incommodantes, que la lumière du gaz, au moyen duquel sont marqués tous les 1/2 kilomètres, y brûle d'une flamme très-vive et très-pure. Depuis la sortie du Mont Cenis jusqu'à Suze, où le chemin de fer arrive dans la vallée qui conduit jusqu'à Turin, nous avons admiré encore une fois les beaux travaux faits par les ingénieurs Italiens, qui ont suspendu, pour ainsi dire, le chemin de fer aux flancs des montagnes, et ont traversé montagnes et torrents au moyen d'une succession de tunnels, de viaducs et de murs de soutènement dont la grandeur ajoute à celle du paysage.

Tous ces ouvrages d'art sont très-beaux; chacun mériterait une description particulière; mais le cadre restreint de cette note ne peut se prêter à cette description, qu'il faudrait faire technique et complète pour qu'elle fût intéressante. Nous nous bornerons à signaler cette traversée de Modane à Suze comme une des plus belles qui puisse attirer l'attention des Ingénieurs, et donner la plus grande satisfaction au point de vue de la difficulté vaincue.

La voiture Pulmann dans laquelle nous avons voyagé mérite une description.

Cette voiture, portée sur deux trains de quatre roues chacun, a une longueur de 21 mètres. Pour lui permettre de circuler dans les courbes, même de faible rayon, les trains sont articulés; la voiture, malgré sa longueur, passe facilement dans des courbes de 200 mètres de rayon. La stabilité est parfaite à une vitesse de 70 kilomètres par heure. Le poids de la voiture est de près de 23 tonnes. Elle a été construite dans tous ses détails à Chicago (États-Unis d'Amérique) et montée à Turin, aux ateliers de la Compagnie. Elle a coûté 85,000 fr. Ce prix considérable s'explique par le luxe uni au confortable des aménagements intérieurs.

La voiture est divisée dans presque toute sa longueur par un couloir central, de chaque côté duquel sont disposées des banquettes à siéges mobiles servant pour le jour, et se rapprochant de manière à former des lits pour

la nuit. Les gens de service complètent les lits avec tous les objets de literie, qui sont dans une armoire supérieure occupant la place de la corniche de la voiture. C'est cette corniche qui se rabat, et dont le rabattement est solidement suspendu au plafond de la voiture, qui forme les lits du deuxième étage. On y monte par un escabeau.

La largeur réservée à chaque lit, au premier ou au deuxième étage, est de 1 mètre, et la longueur 1m.90. En outre de la salle centrale pouvant contenir seize voyageurs couchés, il y a à chaque extrémité de cette salle des compartiments réservés pour les dames, et disposés d'une manière analogue, pouvant donner huit places couchées.

Enfin, à chaque extrémité du wagon se trouvent des cabinets de toilette et des water-closet. Tout cet ensemble de dispositions est installé avec un grand luxe et un parfait confortable. Les plus petits détails de serrurerie, de menuiserie, de tenture y sont étudiés avec un soin particulier pour l'agrément et le bien-être du voyageur.

Le chauffage se fait au moyen d'une circulation d'eau chaude dont les tuyaux longent les parois du wagon et alimentent des chaufferettes sous les pieds des voyageurs. La ventilation se fait par des vasistas mobiles placés à la partie supérieure, au-dessus des lits du deuxième étage.

La mise en circulation de cette voiture se fait dans les mêmes conditions qu'en France.

La Compagnie des chemins de fer de la haute Italie fait la traction à ses frais et perçoit la taxe entière du voyageur. La Compagnie Pulmann perçoit 12 fr. de surtaxe par voyageur pour une distance qui, jusqu'à présent, n'a pas dépassé 500 kilomètres. Le service va prochainement être organisé pour aller jusqu'à Rome et dans l'Italie méridionale.

Arrivés à Turin, nous avons été, de la part des Ingénieurs du chemin de fer de la haute Italie, l'objet d'une réception pleine de cordialité, et nous sommes heureux de remercier ici publiquement nos confrères Italiens, et particulièrement M. le directeur général Amilhau, dont ils étaient les mandataires, de l'accueil chaleureux qu'ils ont bien voulu nous faire.

Avant de quitter Turin, M. Kossuth, ingénieur en chef du matériel, nous a fait visiter ses ateliers, ses machines et ses voitures; parmi ces dernières nous avons vu un wagon de voyage destiné au roi d'Italie, qui est un petit chef-d'œuvre; tout ce matériel est très-bien compris et bien installé; il diffère peu du nôtre quant aux dispositions et au poids; nous avons cependant remarqué des wagons contenant des compartiments à lits, comprenant trois lits avec cabinets de toilette et water-closet, qui sont excessivement confortables.

Il y a dans un wagon quatre compartiments semblables à trois places. Ces wagons sont recherchés pour venir de Turin jusqu'à Paris.

Nous avons également visité, à Turin, l'installation du petit chemin de fer de Turin à Rivoli, dont nos collègues MM. Dumont et Joyant vous ont entretenus il y a peu de temps. Nous vous renvoyons pour les détails au rapport si complet que nous ont fait nos collègues; nous ajouterons que nous avons

été vivement intéressés par la visite de ce petit chemin de fer de 12 kilomètres de longueur, de 0.90 de largeur de voie, posé sur une route, faisant une recette brute de 12,000 fr. par kilom., et dont le service est fait presque uniquement par son propriétaire seul et sa famille. Le chemin de Turin à Rivoli est un exemple qui pourrait être imité utilement dans bien des cas.

Lorsque nous avons quitté Turin, presque tous nos collègues Italiens parmi lesquels MM. Massa, Kossuth, Fresco Pouzoni, nous ont accompagnés de Turin à Vérone.

Dans le trajet de Turin à Vérone, nous avons traversé toutes les plaines de la Lombardie, formant en cette saison une nappe d'eau qui recouvre les rizières. Le canal Cavour fournit l'eau à ces rizières; il arrose 100,000 hectares produisant le riz.

Rien de particulier ne nous a frappés dans l'installation des gares, si ce n'est leurs dispositions grandioses. Les gares principales sont même construites avec un luxe qui a dû coûter des sommes considérables. Elles sont commodes pour les voyageurs, en ce sens qu'elles sont ouvertes à tout venant; les salles d'attente y sont généralement transformées en buffets, et, malgré l'affluence du monde, tout se passe dans les gares sans confusion. Le voyageur apprend à se guider lui-même, sans avoir besoin de personne.

Arrivés à Vérone, nous n'avons pu que voir extérieurement des travaux de fortifications gigantesques faits par l'armée autrichienne lorsqu'elle occupait l'Italie; nous avons quitté promptement cette ville, curieuse en elle-même au point de vue du touriste, où nous attendaient notre camarade Gottschalk, directeur du matériel de la Compagnie des chemins de la Sudbahn (Autriche), et notre camarade Ronna, ingénieur de la Staats-Bahn Compagnie, venus tous deux au-devant de nous pour faire avec nous la traversée du Brenner.

Nous avons fait le voyage entre Vérone et Inspruck dans les conditions les plus favorables pour bien voir cette belle traversée de montagnes.

Ce que nous avons le plus admiré, c'est le tracé remarquable qui a permis de développer un chemin de fer, au milieu de difficultés si considérables, sans accumuler les travaux extraordinaires et dans des conditions qui permettent une exploitation si régulière; c'est un résultat magnifique, qui fait le plus grand honneur à M. l'Ingénieur Karl Etzel, auteur et constructeur du projet. La traversée du col du Brenner se fait à l'altitude de 1.367 mètres, que l'on atteint au moyen de rampes successives, dont le maximum d'inclinaison est de $0^{m}.0225$ par mètre. De Bozen au Brenner, la longueur d'ascension est de 110 kilomètres; à Bozen, l'altitude est de $262^{m}.205$. On monte donc de 1.105 mètres. Du Brenner vers Inspruck, on descend avec une pente presque constante de $0^{m}.0250$ sur 35 kilomètres de longueur; à Inspruck, l'altitude est de $578^{m}.90$, on descend donc de 789 mètres; cette pente se développe dans des courbes fréquentes de 285 mètres de rayon en pleine voie. Des trains de 100 tonnes sont remorqués par des machines de 42 tonnes, à huit roues couplées.

Les limites que je puis donner à cette note succincte ne me permettent

pas d'entrer dans les détails relatifs à la construction ni à la traction. Je vous le répète, au point de vue de l'ingénieur, c'est le tracé qui domine et surprend; et quant à la traction, je vous renvoie, Messieurs, au rapport présenté sur ce sujet par notre camarade Gottschalk à notre Société des Ingénieurs civils. Vous y trouverez tous les renseignements les plus complets sur le matériel et la traction, établis avec l'autorité qui s'attache au talent de notre camarade.

Qu'il vous suffise de savoir que tout est prévu et ordonné de manière que l'exploitation se fait sur le Brenner de la manière la plus régulière, dans la longue saison des mauvais temps, pendant laquelle les neiges sont repoussées par d'énormes wagons éperons attelés en avant du train ou lancés devant lui, comme dans le beau temps. La voie et le balast sont entretenus en parfait état sur toute la longueur de la ligne. Les stations y sont simples et d'un type commode; elles sont ouvertes aux voyageurs comme sur la ligne d'Italie. Les signaux se font comme en France; nous avons seulement remarqué qu'en cours de voie, toutes les fois que le train a passé un P à N gardé ou une équipe d'entretien, le garde-barrière ou le chef d'équipe protége la voie en plantant dans l'entre-voie un disque rouge regardant la direction que vient de parcourir le train. Ce disque reste en place 10 minutes. Nous croyons que c'est un block système qui ne remplace pas avantageusement le système anglais. La grande partie des barrières de P à N est manœuvrée à distance. A moins de nécessités contraires, un garde manœuvre, toujours à côté de la maison qu'il occupe, une ou plusieurs barrières. Les dispositions de la manœuvre sont celles d'un signal avancé; la barrière, munie d'un contrepoids, se lève très-facilement à des distances de 1.000 à 1.200 mètres.

Dans la partie de descente du Brenner vers Inspruck, nous avons trouvé des terrains de schistes décomposés et fluents qui donnent lieu à des travaux incessants d'entretien très-dispendieux. Nous avons vu dans cette contrée le système des clayonnages employé en grand sur des talus de tranchée dont la déclivité vers la voie et de l'autre côté de la voie, vers le vide, est considérable. Lorsque le danger est trop grand et que le clayonnage et le soutènement des pieds de talus ne donnent pas suffisamment de garantie contre les éboulements, on recouvre la voie d'une voûte comme en cas d'avalanches. Toute cette partie du Brenner est des plus intéressantes; mais elle doit bien préoccuper les ingénieurs et coûter cher à la Compagnie. Si un autre tracé était possible, comme les cartes semblent l'indiquer, il eût mieux valu, croyons-nous, éviter ces difficultés, même au prix d'un allongement de parcours, pour descendre du Brenner à Inspruck.

D'Inspruck nous nous sommes rendus à Salzburg, en visitant le chemin de fer de montagne nouvellement construit, et presque même en construction sur certains points, appelé *Élizabeth-Bahn*. L'ingénieur en chef de cette ligne, M. Hornbostel, constructeur très-distingué, qui, entre autres beaux travaux, a fait à Vienne un beau pont métallique sur la dérivation du

Danube, était venu au devant de nous, et nous devons à son obligeance d'avoir visité la ligne avec le plus grand intérêt.

Cette ligne est encore une ligne en pays de montagnes où les rampes atteignent $0^{m}.025$, et où le rayon des courbes en pleine voie descend jusqu'à 200 mètres. La vitesse moyenne de 40 kilomètres avec laquelle les trains parcourent facilement la ligne doit donner toute sécurité aux Ingénieurs qui s'effrayent de courbes de 500 mètres de rayon en pleine voie.

Sur l'Élizabeth-Bahn, les rails sont en acier, seulement dans les parties de la voie en grandes pentes; leur poids est de 36 kilogrammes par mètre courant et leur longueur est de 8 mètres. Il y a une plaque d'appui par trois traverses, et en plus, dans les courbes de petit rayon, il y a deux tringles d'écartement par longueur de rail.

Ces dépenses de premier établissement nous ont paru très-opportunes pour assurer la voie et diminuer l'entretien. Nous avons également rencontré sur l'Élizabeth-Bahn des parties très-mauvaises traversant les schistes décomposés où les travaux de consolidation offrent le plus grand intérêt; les drainages des talus et les clayonnages faits sur une grande échelle semblent les moyens les plus efficacement employés. Sur un point, nous avons vu les éboulements d'un tunnel qui s'est affaissé; on s'est résolu à en abandonner le percement et à détourner le tracé. Toutes les difficultés ont été victorieusement vaincues par les Ingénieurs Autrichiens, et nous avons été d'accord que l'Élizatbeth-Bahn, établie dans des conditions d'exploitation très-favorables, traversant un pays qui, pour la beauté, équivaut à la Suisse, serait une ligne de premier ordre au bout de peu d'années. Arrivés à Salzburg, nous nous sommes arrêtés un instant dans cette ville, qui offre bien des curiosités historiques, mais qui n'offre pas les curiosités techniques que nous recherchions.

Nous sommes donc partis pour Vienne, et nous avons pris, pour gagner du temps, un train de nuit, le trajet de Salzburg à Vienne ne devant d'ailleurs nous présenter rien de remarquable.

Arrivés à Vienne, nous avons trouvé à la gare un de nos collègues, M. de Serres, Ingénieur-Directeur de la construction à la Staats-Bahn, qui nous avait préparé avec une intelligence et une complaisance extrêmes l'emploi de notre de temps, de manière à ce que nous puissions voir le plus possible dans le moindre temps possible. Disons tout de suite que M. de Serres a été pour nous un très-intelligent et très-dévoué camarade. Sous sa direction, nous avons d'abord vu les grands travaux de ville qui se font à l'emplacement des anciennes fortifications, où s'est élevé et se complète un quartier qui fera de Vienne une des plus belles capitales du monde. Sur cet emplacement se construisent maintenant quatre palais splendides : 1° le *nouvel hôtel de ville*, construit sur les plans de M. F. Schmidt, Président de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne, qui sera un des monuments les plus riches et les mieux conçus qu'on puisse voir; vous en jugerez par les plans que M. Schmidt a eu la gracieuseté de nous donner; le style dominant est le gothique.

M. Schmidt a achevé la magnifique flèche de Saint-Étienne (144 mètres de hauteur), qui rivalise avec celle de la cathédrale de Strasbourg; 2° le *bâtiment des Chambres législatives*, qui se construit sur les plans de M. Hansen, membre aussi de la Société des Ingénieurs, et qui constitue un ensemble où tous les services sont assurés avec une entente parfaite; 3° M. l'architecte Hansen construit encore la *nouvelle Académie impériale des beaux-arts*, dont l'architecture sera du style Renaissance; les formes et les motifs dominants sont grecs; 4° le *bâtiment de l'Université*, réunissant toutes les Académies, qui se construit sur les plans de M. Ferstel. Le même Ingénieur a construit un bâtiment spécial pour le laboratoire de chimie de l'Université. L'importance donnée à ce bâtiment et à ses dépendances en fait un palais de la science devant lequel nous nous sommes pris à penser avec regrets combien dans notre belle France, si intelligente et si riche, on mesurait avec parcimonie les budgets pour l'instruction publique. A Vienne, tout ce qui touche l'instruction publique à tous les degrés, le développement et la diffusion de la science et des arts, est représenté de la manière la plus grandiose et dispose toujours au budget, non pas de centaines de mille francs, mais de vingtaines de millions.

En faisant un retour sur nous-mêmes nous nous sommes dit que Paris et la France, auxquels le travail et l'épargne assurent des richesses presque inépuisables, trouveraient à Vienne de bien bons exemples à méditer, et nous nous sommes fait l'aveu qu'on ne se fait pas assez souvent dans notre pays, que nous avions de bien bons modèles à aller chercher à l'Étranger.

En outre de ces grands monuments dont l'exécution représente une valeur d'au moins 25 millions de francs pour chacun, soit 100 millions de francs, la ville de Vienne possède un gymnase académique Impérial de très-beau style, construit sur les plans de l'architecte Fr. Schmidt, pouvant contenir 800 élèves, qui a coûté 537,000 florins, soit 1,342,500 francs, plus trois autres gymnases pouvant ensemble contenir aussi 800 élèves de diverses catégories.

Les écoles professionnelles du 1er degré sont au nombre de cinq et contiennent 1,200 élèves.

Les écoles professionnelles supérieures sont au nombre de neuf, appartenant tant à l'État qu'à la Commune.

Ajoutez à ces Écoles une École polytechnique tout à fait libre et ouverte à environ 1,060 élèves réguliers ou externes venant suivre certains cours, divisée en quatre divisions: ponts et chaussées pour les Ingénieurs, constructions pour les Architectes, construction de machines, chimie industrielle, ressemblant par conséquent beaucoup à notre École centrale; une École d'agriculture, une École des beaux-arts appliqués à l'industrie, plusieurs Écoles industrielles de dessin, et vous reconnaîtrez que l'enseignement supérieur est largement distribué à Vienne.

L'enseignement populaire se donne actuellement à Vienne dans 10 Écoles bourgeoises et 40 Écoles populaires pour garçons, 7 Écoles bourgeoises et

43 Écoles populaires pour filles; en tout 100 Écoles avec 576 classes. Et le conseil municipal de Vienne se préoccupe encore de l'extension de l'enseignement populaire et de la construction de nouvelles et spacieuses Écoles pour le peuple.

Les frais de construction de ces institutions jouent un rôle important dans le budget de la ville de Vienne.

Ces nouvelles Écoles populaires contiennent généralement des salles bien éclairées et bien aérées pour un maximum de 80 élèves. Le chauffage est à air chaud, la ventillation est assurée pour chaque période de l'année par des dispositions spéciales; l'éclairage se fait au gaz; l'eau potable est amenée à l'intérieur de l'École. Chaque École contient pour la saison d'hiver une grande salle d'exercices gymnastiques; un emplacement pour les exercices d'été est aussi réservé.

Ces quelques détails sommaires vous font voir, messieurs, que dans une ville qui compte à peu près 920,000 habitants l'instruction publique y est en grand honneur et à la hauteur des besoins de la population.

Parallèlement à ces grands travaux de constructions municipales, Vienne a fait de grands travaux d'utilité publique.

Distribution d'eau. L'ancien système d'alimentation d'eau consistait en un certain nombre de sources captées et d'aqueducs placés dans différents quartiers de la ville; mais cette alimentation était variable et souvent insuffisante.

En 1835 l'Empereur Ferdinand fit exécuter des travaux de canalisation au-dessous de l'étiage du Danube pour recueillir les filtrations des eaux de ce fleuve, et les réunir dans des réservoirs d'où elles étaient distribuées dans la ville. Le rendement quotidien est encore aujourd'hui d'environ 9,946 mètres cubes; mais l'eau à boire ne possède pas la fraîcheur requise, son goût est fade, des mélanges organiques et des infusoires n'y sont pas rares; la crudité de l'eau comporte 8 à 9 degrés. Cette alimentation était donc encore peu satisfaisante.

En 1861, le conseil communal ouvrit un concours pour un système d'alimentation dont le programme contenait la clause importante qu'une conduite d'eau, alimentée par les sources des montagnes, serait préférée à celles utilisant l'eau du Danube; treize concurrents répondirent à l'appel du conseil communal, et trois sources furent désignées pour être amenées à Vienne.

Le mesurage du débit de ces sources donna 70,700 mètres cubes par jour, soit pour chaque habitant, 74 litres en plus de ce qu'il avait déjà par les moyens antérieurement établis. La longueur de la conduite entre les sources et Vienne est de 98 kilomètres, la longeur totale du réseau de conduite qui dessert Vienne, y compris la conduite d'eau de l'Empereur Ferdinand, est de 319 kilomètres. L'eau arrive sur tout son parcours dans des canaux couverts, à un état de pureté et de fraîcheur (8° en moyenne) qui en font une boisson des plus agréables, recherchée même dans les cafés et les restaurants de la ville.

Travaux de dérivation du Danube. Nous avons visité avec un grand intérêt la dérivation du Danube qui a été entreprise dans le but de fixer le lit du fleuve qui divaguait autour de la ville et de le rendre propre à la navigation, mais principalement en vue de préserver les quartiers bas de Vienne des inondations et des glaces. La dérivation a été exécutée avec une courbe à grand rayon, entre les deux extrémités d'un bras du fleuve qui traverse la ville, qu'on appelle canal du Danube.

Ce canal a été régularisé, creusé et consolidé de manière à donner une profondeur moyenne de 1m.50 au-dessous de l'étiage.

La dérivation a une longueur de 11 kilomètres, une largeur normale de 285 mètres à l'étiage, et de 760 mètres en hautes eaux.

La profondeur d'eau au-dessous de l'étiage est de 3m.20, et les eaux s'élèvent de 3m.80 au-dessus de l'étiage.

L'exécution de ce grand travail fait le plus grand honneur à l'entreprise française composée de trois de nos collègues MM. Castor, Hersent et Couvreux. Ces grands entrepreneurs à qui l'on doit les plus grands travaux exécutés au canal de Suez et en Afrique, s'étaient engagés à faire la dérivation du Danube en cinq années; il s'agissait d'enlever 18 millions de mètres cubes de déblais, de faire avec ces déblais deux digues dont l'une était destinée à préserver la ville des inondations, et l'autre à fixer le lit du fleuve pour le rendre propre à la navigation et permettre ensuite l'établissement le long de ses rives d'entrepôt et de docks importants.

L'engagement pris a été exécuté à la satisfaction générale. MM. Castor, Hersent et Couvreux ont employé à l'exécution de leurs travaux 18 machines locomotives, 60 kilomètres de voie, 11 dragues, et l'installation de leurs chantiers était si parfaite que, dans certains jours, ils ont enlevé jusqu'à 45,000 mètres cubes de déblais par jour dans les fonds d'alluvions et de sables calcaires du Danube.

A présent que la ville est protégée par la digue qui a été élevée sur toute sa longueur, de manière à former la corde de l'arc que décrit le canal du Danube dans la traversée de la ville, il est possible de faire sur cette digue, entre le canal et la dérivation, et en laissant un quai de 100 mètres de largeur, une nouvelle ville commerciale de 260 hectares, représentant une valeur de 40 millions de florins, qui commencerait d'un côté à la bifurcation du canal avec la dérivation, et qui toucherait de l'autre côté au magnifique parc du Prater où était établie l'Exposition universelle de 1873; l'avenue principale de cette belle promenade a 7 kilomètres de longueur.

C'est là une entreprise grandiose à laquelle il faut souhaiter le succès, car elle doublerait presque l'importance de Vienne.

De plus, 200 hectares de terrains inondables sont maintenant préservés de l'autre côté de la dérivation et rendus propres à bâtir. Les résultats de la dérivation du Danube sont donc considérables, et l'on doit s'applaudir d'y avoir dépensé les 25 millions de francs qu'elle a coûté.

Bateau-porte du canal du Danube. Afin de fermer le canal et de le dé-

fendre contre le charriage des glaçons qui descendaient souvent en grande masse sur la ville, on résolut de fermer le canal par un barrage flottant, pouvant s'ouvrir à volonté. Le conseiller de la Cour, M. le baron de Engerth, Président de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne, fut chargé de construire ce barrage, et sur ses plans il a été établi à l'entrée du canal du Danube, un bateau-porte qui peut s'immerger à volonté, selon que l'on remplit d'eau ou que l'on vide les chambres dont il se compose. Il a la forme d'un navire de 49 mètres de longueur, d'une hauteur de 5m.70, d'une largeur de 9m.60. Sa cuirasse est en tôle d'acier Bessemer. Sa construction, confiée à MM. John Cocquerill, à Seraing (Belgique), a coûté 190,000 florins et tous les travaux accessoires, vantaux, maçonneries, etc., ont coûté 500,000 florins.

Le succès du bateau-porte de M. le baron de Engerth a été complet. Les glaces ont été arrêtées par le bateau, de telle sorte qu'il n'en est passé dans le canal qu'une petite quantité entraînée sous le bateau par le courant du fleuve, quantité qui a été tout à fait sans danger pour la ville.

M. Cassian, Directeur de la Compagnie Impériale et Royale de navigation du Danube, avait eu l'extrême obligeance de faciliter notre visite sur le fleuve, et sur les travaux de la dérivation, en mettant à notre disposition un de ses magnifiques paquebots qui font le service entre Vienne et la mer Noire.

Toute cette visite avait d'ailleurs été arrangée par les soins de M. le Professeur Chevalier de Grimburg, un des savants les plus sympathiques aux Ingénieurs de tous les pays, et de la France en particulier, qui s'est multiplié pour rendre notre inspection aussi profitable qu'agréable.

Exposition universelle de 1873. Nous n'avons plus trouvé que des traces de l'Exposition universelle de 1873.

Cependant nous avons pu admirer encore la grande rotonde centrale qui constitue l'une des plus belles et des plus hardies construction en fer que l'on puisse voir. Je ne saurais entrer ici, Messieurs, dans tous les détails de sa construction; mais vous les trouverez dans la note qu'a bien voulu me remettre M. l'Ingénieur Schmidt, qui est l'auteur du projet, qui en a fait tous les calculs, et qui en a suivi l'exécution.

Les dimensions principales de cette rotonde sont :

Diamètre intérieur jusqu'à la couronne qui supporte les fermes.	104m.400
Hauteur de la couronne au-dessus du sol.	24 .400
Diamètre de la première lanterne.	30 .906
Diamètre de la deuxième lanterne.	7 .440
Hauteur des fermes au-dessus de la couronne.	23 .780
Hauteur de la première lanterne.	10 .480
Hauteur des fermes de la première lanterne.	8 .129
Hauteur de la deuxième lanterne portant la couronne Impériale.	18 .496
Hauteur totale, depuis le sol jusqu'à l'extrémité de la couronne Impériale.	85 .300

Des escaliers conduisent jusqu'à la deuxième lanterne, d'où la vue s'étend sur un panorama splendide.

La grande couronne, de 104m.784 de diamètre, a été assemblée sur le sol, puis élevée tout d'une pièce jusqu'à sa hauteur, au moyen de vérins énormes disposés sur tout le pourtour de la rotonde.

Comme il s'agissait d'un poids d'environ 4,000 tonnes, vous jugez, Messieurs, de l'importance de l'opération. Une fois la couronne arrivée à la hauteur de l'origine des fermes, soit à 24m.400 au-dessus du sol, on a construit en dessous ses supports, et au-dessus les fermes qui s'élevaient jusqu'à la première lanterne de 30 mètres de diamètre, et ensuite l'édifice s'est complété sans difficultés au-dessus de cette lanterne.

La rotonde de l'Exposition de Vienne restera au milieu du Prater, comme un monument digne d'être conservé. Il pourra, comme notre palais de l'Industrie servir à des expositions partielles ou à des fêtes publiques.

Ponts sur le canal du Danube et sur la dérivation du Danube. Nous avons remarqué parmi les nombreux ponts qui sont construits sur le canal du Danube, le pont de la Maria Thérésia et le pont Joseph II, tous deux construits sur les plans de M. Moreaux, Ingénieur de la Société française de Fives-Lille, et montés par elle.

Ces ouvrages sont des ponts métalliques. Le pont de la Maria Thérésia se compose d'une seule arche d'une ouverture de 58m.30, qui porte une voie de roulage de 11m.40 de largeur et deux passerelles pour piétons en dehors de cette voie. Les poutres du pont, construites en tôle, s'appuient à leurs extrémités sur les culées, et sont en outre portées en trois points par une combinaison de câbles de suspension.

La tension horizontale du tablier ne se reporte pas sur des chaînes tendues comme dans la construction ordinaire des ponts suspendus; mais sur des tirants de tension qui sont portés par des tiges verticales qui se relient à des câbles de suspension horizontaux. Ceux-ci ne sont pas des chaînes, mais sont composés de fers plats et de fer d'angle combinés de manière à former des câbles rigides ayant la forme d'un I renversé.

Ce pont méritait une description succinte parce qu'il est construit et calculé de manière à en faire un pont suspendu rigide.

Le pont Joseph II est construit suivant le système de Bow-String; il a les mêmes dimensions d'ouverture et de voie que le précédent.

Parmi les ponts importants construits sur le Danube dérivé, nous avons remarqué le pont construit sur le projet de M. l'ingénieur en chef Hornbostel, dont nous avions suivi les travaux avec tant d'intérêt sur le chemin de fer Elisabeth Bahn. Ce pont est un pont à treillis très-hardi et très-léger pour route ordinaire. Il comprend quatre parties : 1° la rampe de montée en pierre, fondée sur béton et appareillée en granit; 2° le pont du quai composé de solives en tôle reposant sur des colonnes en fonte (8 ouvertures de 9m.50 chacune); 3° le pont sur la dérivation du Danube, composé de poutres en treillis recouvrant quatre ouvertures de 80m.30 chacune; 4° le pont

d'inondation formé de pans rigides en fer et comprenant douze ouvertures de 35m.50 chacune. Ce pont, admirablement construit et très-élégant, a coûté environ 2,500,000 florins. Le poids du fer, pour le pont sur la dérivation, est de 1,950 tonnes, et pour le pont d'inondation de 5,800 tonnes.

Un autre pont pour route sur le Danube dérivé, vient aussi d'être construit par l'usine française du Creusot. Le pont d'étiage est composé de poutres en treillis à quatre arches de 81m.70 de portée; le pont d'inondation sur la rive gauche a seize arches en pierre de 23m.40 d'ouverture. L'ensemble de ce travail constitue un très-bel ouvrage.

Nous avons remarqué encore sur le Danube les ponts construits pour la traversée des chemins de fer :

1° Celui de la Nord-Bahn, avec quatre ouvertures pour l'étiage de 83m.80 de portée et sept ouvertures pour les eaux d'inondation de 61m.10. Le projet du système Bow-String est de M. l'ingénieur en chef Hermann; les fers sortent des usines de Witkowitz-Tatshen et Zoptau.

2° Ceux des chemins de fer de la Staats-Bahn (chemin de fer de l'État), du chemin de fer autrichien du Nord-Ouest, qui sont des ponts à poutres droites en treillis, dans des conditions à peu près semblables au précédent.

Nous signalerons aussi un pont à suspension rigide établi pour chemin de fer sur le canal du Danube; ce pont a une portée de 83m.40; les chaînes ont une flèche de courbure égale à 1/20e de leur portée. Les deux chaînes sont distantes l'une de l'autre de 4m.26; chacune d'elles est formée de deux câbles reliés entre eux au moyen de tirants diagonaux disposés de manière à former avec les éléments des câbles des triangles équilatéraux. Les poutres du pont, de 0m.76 de hauteur, sont en treillis serré; elles sont reliées entre elles par des croix de Saint-André en tôle.

Ce système fut critiqué par beaucoup d'entrepreneurs et ne dut son application qu'à l'intervention de l'Ingénieur Chega, auteur du projet de traversée du Semmering. Il existe depuis 1860, sans inconvénient notable.

Stations de chemins de fer. Il nous serait difficile dans cette note d'entrer dans les détails de premier établissement des gares des différents réseaux qui arrivent à Vienne. Nous sommes obligés, pour ces détails, de renvoyer aux plans des gares elles-mêmes que nous espérons pouvoir offrir bientôt à la Société. Nous les avons visitées, ainsi que les ateliers, avec un grand intérêt, sous la conduite de nos collègues attachés aux différentes Compagnies.

Les principaux chemins de fer qui aboutissent à Vienne, sont :

1° Le chemin de fer du Nord, dit Kaiser Ferdinands-Nord-Bahn, qui comprend la ligne de Vienne-Cracovie et neuf lignes adjacentes, ainsi que le chemin du nord de la Moravie et de la Silésie. La longueur totale du réseau est de 743 kilomètres. La gare du Nord occupe aujourd'hui une superficie de 64 hectares, 88 ares; le développement des voies y est de

66 kilomètres, dont 62 pour 100 en acier, elle contient 400 changements de voie et 85 plaques tournantes.

Le mouvement moyen par jour dans cette gare est de 1,800 wagons de marchandises, 200 wagons de voyageurs, 2,800 voyageurs, 4,250 à 4,500 tonnes.

2° Le chemin de fer de l'État, dit le Staats-Bahn. Le réseau de cette Compagnie comprend les lignes allant vers le nord et le sud-est, vers la Hongrie, formant une longueur totale de 1,553 kilomètres. Le directeur général de cette Compagnie est M. Bresson, Ingénieur des ponts et chaussées français, dont nous avons reçu l'accueil le plus cordial, et que nous sommes heureux de remercier publiquement dans cette enceinte. Nous avons retrouvé au milieu de tous ses chefs de service qui se sont empressés, comme leur chef, à nous être agréables, nos camarades MM. de Serres, directeur de la construction, Polonceau, inspecteur général des ateliers et Reinhardt, chef de l'Exploitation.

La gare de la Staats-Bahn occupe 97 hectares de terrain; elle contient cinq halles pour la réception des marchandises ayant chacune une longueur de 132m.70, et une largeur de 12m.60, et 1,450 mètres carrés pour dépôts de marchandises; les cinq halles pour l'expédition ont chacune 132m.70 de longueur, 19m.30 de largeur et 2,230 mètres carrés pour dépôts.

3° Le chemin de fer du Sud, dit la Sud-Bahn. Cette Compagnie dessert les lignes du sud de l'Autriche, vers l'Italie; elle possède aujourd'hui un réseau de 2,237 kilomètres de longueur.

Le directeur général de cette Compagnie est M. Bontoux, Ingénieur des ponts et chaussées français; nous avons trouvé près de lui et de tous ses chefs de service un accueil des plus empressés. Et nous serions ingrats si parmi ses chefs de service nous ne signalions pas avec une reconnaissance très-affectueuse notre camarade Gottschalk, directeur du matériel et de la traction de la Sud-Bahn, à qui nous devons certainement tout le succès de notre voyage en Autriche-Hongrie, qu'il avait si bien préparé avec M. de Serres.

4° Le chemin de fer impérial de François-Joseph qui compte 715 kilomètres exploités.

5° Le chemin du Nord-Ouest qui compte 1,126 kilomètres exploités.

6° Le chemin de fer de l'Impératrice-Élisabeth qui relie Vienne à Salzburg et qui compte un réseau non encore complétement terminé de 715 kilom.

En visitant les gares de ces principaux chemins de fer à Vienne nous avons été frappés de l'importance et même du luxe des constructions, ainsi que de l'étendue des surfaces sur lesquelles doivent se faire les mouvements des différents services. Il nous a paru que ces dispositions devaient conduire à une exploitation très-onéreuse, et nous avons regretté de ne pas trouver ce que nous avions vu en Angleterre et ce que notre collègue de Coëne nous a si bien reproduit dans le mémoire que vous venez de couronner, à savoir des gares condensées sur des surfaces relativement petites eu égard au trafic

qu'elles font, et agencées avec des moyens mécaniques, qui rendent les manœuvres promptes et économiques.

Les chemins de fer autrichiens, comme les chemins de fer français, nous paraissent devoir se préoccuper de cette extension sans cesse croissante de leurs grandes gares, qui les empêchent de profiter autant qu'ils le pourraient du développement de leur trafic.

Toutes ces gares principales de Vienne ne sont encore reliées par aucun chemin de fer de ceinture. Notre collègue, M. de Serres, directeur de la construction au chemin de fer de l'État, nous a entretenu d'un projet de chemin de ceinture dont il est l'auteur, et qui paraît très-heureusement combiné.

Ce projet sera probablement prochainement mis en exécution, et apportera une grande amélioration dans les relations des Compagnies.

Chemins de fer des montagnes. Nous avons visité, dans la banlieue de Vienne, le chemin de fer de montagne gravissant le Kahlenberg qui est un lieu de plaisance comme notre Saint-Germain pour la population de Vienne.

Un plan incliné à câbles fut d'abord installé pour monter au Kahlenberg; puis il s'établit ensuite une autre ligne à voie à crémaillère, comme celle du Righi, et cette dernière ligne est maintenant la seule qui fonctionne; les deux lignes sont en possession de la même Compagnie qui a racheté le plan incliné à câbles. La pente n'est pas aussi considérable qu'au Righi; car elle n'est que de $0^m.100$ par mètre; aussi au Righi la chaudière de la machine est-elle verticale, tandis qu'au chemin du Kahlenberg, la chaudière est horizontale. Le rayon des courbes est de 180 mètres.

La voiture à voyageurs est la même qu'au Righi; lors de l'ascension la vapeur agit pour effectuer l'engrenage, et, comme au Righi, la machine pousse devant elle la voiture; à la descente, la machine est devant la voiture et l'accélération du convoi est empêchée au moyen du renversement de la vapeur.

Le tracé de la ligne part de Neusdorf, et atteint une longueur de $5^k.500$, que l'on franchit dans une demi-heure.

Tramways. Dans la ville de Vienne les tramways sont très-nombreux et très-fréquentés. Ils font dans la ville d'incessants voyages; leurs stations sont très-rapprochées, aussi ils ne s'arrêtent pas entre deux stations; on monte ou l'on descend en marche à volonté. Les stations ne sont que de simples points d'arrêt, où il n'y a pas de constructions pour abriter le voyageur. Tout le service des billets et du contrôle se fait dans les voitures.

Comme installation ces tramways n'ont rien de particulier; les rails sont du système Loubat, du poids de $17^k.70$, posés sur longrines enclavées dans un pavage. Les frais d'établissement d'un mètre courant de voie, non compris le pavage, est de 16 florins, et de 25 florins avec le pavage.

La traction se fait par chevaux; aucun système mécanique n'a encore réussi dans la ville. Chaque cheval fournit quotidiennement un parcours d'environ 25 kilomètres, et sa dépense est comptée à 1 florin par jour.

Les dépenses de la Compagnie sont comprises entre 75 et 85 pour 100 des recettes.

Opéra impérial. Nous avons assisté à une représentation de l'Opéra impérial de Vienne. Il nous serait difficile de détailler ici toutes les beautés de ce monument où le plus grand luxe est réuni au meilleur confortable. Mais nous voulons vous entretenir de la ventilation et du chauffage, qui sont remarquablement bien installés, et produisent des effets tout à fait satisfaisants.

La ventilation de l'Opéra est disposée d'après le système du professeur Docteur C. Bohm (aspiration de l'air au moyen d'une pompe), qui a eu l'extrême obligeance de venir lui-même nous expliquer son système.

Le mouvement de l'air, dû à la ventilation, est ascendant; l'air chaud pénètre dans la salle et s'échappe par la cheminée du lustre qui a 4 mètres de diamètre, tandis que l'air frais est amené avec une vitesse modérée et à peine sensible au-dessous du plancher du parterre, et aux points les plus bas des loges et des galeries.

L'arrivée de l'air, variable suivant les besoins, est assurée au moyen d'une machine à vapeur de la force de 12 chevaux établie en souterrain sous le vestibule et les principaux escaliers; elle actionne un ventilateur à hélices (système de la turbine Jonval) de 3 mètres de diamètre pouvant fournir par heure de 40,000 à 120,000 mètres cubes d'air.

Les localités du souterrain dont la hauteur dépasse 7 mètres contiennent un grand réservoir pour recevoir l'air amené par des cages de lumière où en été il se rafraîchit. De là il est conduit par le ventilateur dans le canal principal de conduites, et est divisé sous la salle des spectateurs en trois canaux, dont celui du milieu possédant le plus grand profil, conduit l'air sous le parterre et dans les loges, et les canaux latéraux dans l'espace circulaire sous les corridors des loges.

Ces localités souterraines sont divisées en trois étages. De l'étage inférieur l'air peut atteindre soit directement l'étage supérieur au moyen de tuyaux cylindriques de 1 mètre de diamètre, soit la chambre des calorifères en passant par les ouvertures circulaires disposées autour de ces tuyaux afin de pouvoir chauffer préalablement l'air lorsqu'il fait froid.

L'arrivée de l'air chauffé ou froid est régularisée au moyen du mouvement ascendant ou descendant de cloches disposées au-dessus des tuyaux et des anneaux qui les entourent.

Sous le plancher du parterre sont établies douze bouches de ventilation correspondantes à douze espaces voûtés, régularisés par 3 appareils à quatre ouvertures. L'air quitte la chambre servant au mélange d'air chaud et froid pour arriver sous les fauteuils du parterre et par les canaux verticaux dans les corridors du parterre, des baignoires, de la première et deuxième galerie, et il quitte les parties extrêmes de la chambre de mélange pour pénétrer dans les troisième et quatrième galeries.

Lors des chaleurs d'été, la ventilation spéciale à air frais a lieu au moyen

d'un canal spécialement utilisé pour l'été, l'air frais est également amené par répulsion à la périphérie du plafond.

Le chauffage se fait à la vapeur. Immédiatement sous l'atelier des chaudières est établi le régulateur principal de la distribution. 18,000 mètres de tuyaux servent à la distribution de la chaleur dans toutes les parties du bâtiment.

Sous l'*auditorium*, autrement dit la salle des spectateurs, est située la chambre d'inspection où a lieu la conduite de tout ce grand appareil; toutes les données sur la température à tous les points de la salle se traduisent au moyen de signaux télégraphiques, automoteurs sur des cadres dans lesquels apparaissent des chiffres indicateurs dès que la température dépasse ou n'atteint pas le degré voulu sur un point quelconque de la salle, et immédiatement on porte le remède voulu en envoyant de l'air frais ou de l'air chaud dans la partie signalée. La manœuvre des clapets, les moyens de régler la pression dans les tuyaux de vapeur, les systèmes d'ouverture ou de fermeture de la chambre de ventilation sont à la disposition de l'opérateur dans cette chambre d'inspection.

Un tube d'air sert à communiquer les ordres à l'atelier des chaudières et à la chambre de distribution.

Les fils de l'appareil télégraphique des signaux ont une longueur totale de 38,000 mètres.

Toute cette installation de ventilation et de chauffage est véritablement remarquable, et nous n'en connaissons nulle part d'aussi parfaite et réussissant plus à souhait pour le public. Nous ne craignons pas de la donner comme exemple à imiter.

Société des ingénieurs et architectes autrichiens. Nous avons à vous parler de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens avec d'autant plus de plaisir que nous avons reçu de son Président et des membres de son comité l'accueil le plus fraternel.

En l'absence du Conseiller baron de Engerth retenu à Pesth aux délégations d'État, nous avons été reçus par le Président en fonctions, Conseiller de construction, F. Schmidt, qui a bien voulu convoquer son comité pour nous recevoir.

Nous avons visité en détail, sous la conduite de nos confrères, l'hôtel de la Société qui est construit dans des proportions autrement importantes que le nôtre. La salle des séances est une très-belle et immense salle pouvant contenir 500 auditeurs, et tous ses accessoires, bibliothèque, salles des commissions, chambres des modèles, etc., etc., sont installés avec un caractère de grandeur et des avantages de dispositions pratiques qui les rendent aussi utiles qu'agréables.

La Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens fut fondée en 1848 comme Société des Ingénieurs, et transformée en 1864 en une Société d'Ingénieurs et d'Architectes.

Son but est de former un lieu de ralliement pour les Ingénieurs et les

Architectes, et pour les travaux, et *d'être utile à l'État aussi bien qu'aux particuliers au point de vue de la science, des arts et de la vie pratique*. Son activité s'étend aux domaines suivants : architecture, constructions sur terre et constructions hydrauliques, chemin de fer, mécanique théorique et industrielle, mines, forges, télégraphie, etc., etc... La Société travaille à ces fins par des conférences privées, des cours, des conférences, des commissions, par l'établissement d'une bibliothèque et la publication d'une revue.

Veuillez bien remarquer, Messieurs, que la mission de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens est à peu près la nôtre, et que les moyens employés pour remplir cette mission sont aussi à peu près les nôtres. Il y a cependant une différence essentielle entre ses attributions et les nôtres que nous voudrions vous signaler comme désirables pour nous, et qui tient à ses rapports avec l'État. Comme l'Angleterre, l'Autriche ne possède pas de corps officiel d'Ingénieurs.

D'après la définition de son organisation, que nous avons empruntée à un document authentique, la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens a pour but principal *d'être utile à l'État et aux particuliers*. L'État et les particuliers la consultent effectivement dans les affaires importantes où elle peut donner un conseil, apporter le tribut de sa science et de son expérience; l'État choisit parmi ses membres les membres de ses commissions et les Ingénieurs ou Architectes qui exécutent ses travaux; l'État français, au contraire, bien qu'ayant reconnu notre Société d'utilité publique, bien que la sachant composée d'Ingénieurs, d'Architectes, d'Industriels connus et appréciés du public, d'Ingénieurs ayant fait leurs preuves dans maintes occasions, ayant fait partie de beaucoup de jurys d'industrie ou d'art, l'État français, disons-nous, qui a sous la main ses Ingénieurs, ne consulte pas ou consulte rarement notre Société. Nous venons d'avoir la preuve de cette distinction marquée dans tout ce qui s'est passé à propos des études de l'Exposition universelle de 1878. C'eût été cependant une occasion dans laquelle notre Société, qui compte des membres qui feront certainement partie des jurys de l'Exposition, aurait pu être appelée à émettre au moins son opinion sur les projets présentés. Il m'a donc semblé opportun, à propos de l'exposé de l'organisation de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens, de faire un rapprochement qui pourrait engager le gouvernement français à imiter, dans une certaine mesure, en ce qui nous concerne, ce que fait l'État Autrichien vis-à-vis de la Société de ses Ingénieurs.

Le nombre des membres de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens est de 2,400. La contribution annuelle est de 14 florins, soit 35 fr.

La Société a pris part à tous les travaux importants qui se rapportent aux domaines qu'elle représente; ainsi, à la construction du chemin de fer du Semmering et de l'aqueduc d'alimentation d'eau de la ville, à la régularisation du Danube, à l'arrêté concernant les mesures de sûreté à prendre dans la construction des ponts en fer, à l'introduction du système métrique, etc., etc... En 1869, elle fonda une commission permanente d'ar-

bitres, chargées de décider toutes les questions litigieuses en affaires techniques.

En 1869, la Société érigea, au plus haut point de la ligne du Semmering, un monument à la mémoire de l'Ingénieur C. de Ghéga, le constructeur de ce chemin de fer. La souscription mise en œuvre à cet effet, et à laquelle les chemins de fer autrichiens ont pris une large part, produisit la somme de 70,000 florins. Il resta, après déduction des frais du monument, environ 50,000 florins, que la Société employa, sous le nom de fondation Ghéga, pour une bourse de voyage de 1,500 florins et trois bourses de 300 florins pour des étudiants de l'École polytechnique.

Ces détails vous prouvent, Messieurs, combien grande est la part d'influence de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens dans les affaires publiques. C'est un rôle que nous ambitionnons pour notre Société.

La Société se réunit chaque semaine une fois, depuis le mois d'octobre jusqu'au mois d'avril. La revue publiée par la Société paraît une fois par mois en été, deux fois par mois en hiver. Elle reçoit notre Bulletin et en fait grand cas. C'est une raison de plus pour nous de l'orner tous les jours de bonnes communications afin de conserver à l'Étranger la place honorable que nous a acquise notre travail. La réunion qui nous a reçus était exceptionnelle, et les Ingénieurs qui en faisaient partie ont poussé la gracieuseté jusqu'à faire un procès-verbal de la réunion, qu'ils nous ont priés de signer pour constater notre passage à Vienne. Vous voyez, Messieurs, que c'est à raison que nous vous disons que nous emportons les meilleurs souvenirs de nos collègues Autrichiens, et que nous serons heureux de les recevoir chez nous en 1878 pour resserrer les liens de bonne confraternité que nous avons noués pendant notre voyage.

Le président actuel de la Société est le Conseiller de construction Fr. Schmidt; le 1er Vice-Président, M. Moravatz, Directeur général du chemin de fer du Prince-Impérial Rodolphe; le 2me Vice-Président, M. Stach, Directeur de la Société Immobilière l'Union; le secrétaire, M. E. Léonhardt. M. de Engerth est membre honoraire de notre Société. Nous espérons que bientôt d'autres de ses collègues nous ferons le même honneur.

Après avoir vu, à Vienne, tous les faits ressortant de notre profession, dont nous venons de vous entretenir sommairement, nous nous sommes rendus à Pesth, en Hongrie, accompagnés de nos camarades MM. de Serres, Polonceau et Reinhardt, délégués par leur directeur général, M. Bresson, pour nous faciliter le voyage.

Le chemin de fer de Vienne à Pesth n'a rien de remarquable; il suit presque toujours une immense plaine sans accidents de terrain. Un accueil nous attendait à Pesth, aussi chaleureux qu'à Vienne. M. le conseil aulique baron de Engerth, présent à Pesth, où étaient en ce moment réunies les délégations, assisté d'un grand nombre d'Ingénieurs, parmi lesquels nous citerons M. d'Ivanka, vice-président du club des Directeurs, M. de Fackh, directeur-général du chemin de l'Ouest, M. de Tolnay, directeur du chemin de fer de l'État Hongrois, s'est mis à notre disposition pour nous faire

voir les travaux du Danube et les travaux de la ville. Malheureusement le temps nous pressait déjà, et nous n'avons pu profiter qu'en courant de tant d'obligeance.

Nous avons vu sur le Danube un beau pont suspendu, construit par l'Ingénieur Anglais Clarke, dont l'ensemble massif constitue un pont très-rigide.

Nous avons également vu un beau pont métallique, qui vient d'être construit par la maison Gouin, de Paris.

Nous avons pu voir, malheureusement trop vite, la ville de Pesth, qui est dans une phase de développement remarquable, et la gare du chemin de fer, qui prend chaque jour des proportions plus considérables et s'étend, à vrai dire, aujourd'hui sur 5 kilomètres de longueur.

Nous avons quitté Pesth avec le regret de ne pouvoir répondre plus longuement aux pressantes sollicitations des Ingénieurs, qui voulaient nous retenir et nous faire mieux connaître leurs travaux; mais le devoir nous rappelait en France, et nous sommes rentrés à Vienne n'étant restés qu'un jour à Pesth.

De Vienne nous sommes venus à Trieste, en traversant le Semmering. Nous avons salué, en arrivant au sommet de cette magnifique traversée, qui commence à Payerbach, à 82^{k}.500 de Vienne, monte à Semmering sur 15 kilomètres et redescend à Mürzzuslag sur 22^{k}.500, après avoir parcouru des pentes allant jusqu'à 0^{m}.025 et des courbes de 180 mètres de rayon, au milieu du plus bel assemblage de travaux qu'on puisse voir et au milieu d'une magnifique nature, nous avons salué, disons-nous, le monument élevé au grand Ingénieur Ghéga, constructeur du chemin de fer du Semmering, et nous lui avons payé le tribut d'admiration qui lui est dû par la reconnaissance des peuples appelés à profiter de sa grande œuvre.

La montée du Semmering, sur les grandes rampes, se fait, comme au Brenner, avec des machines à huit roues couplées, qui traînent sur ces rampes des trains de 100 tonnes avec une vitesse moyenne de 35 à 40 kilomètres à l'heure.

La descente se fait avec la contre-vapeur dans les meilleures conditions.

Avant d'arriver à Trieste, nous nous sommes arrêtés à Marburg, où se trouvent les grands ateliers de construction et de réparation du matériel de la Sud-Bahn.

M. Gottschalk nous a fait les honneurs de son domaine de manière à nous rendre cette visite très-intéressante et très-instructive.

Nous y avons vu de très-beaux outils, une ordonnance parfaite, un emploi très-judicieux et très-commode de la surface occupée, afin de rendre les manœuvres aussi peu coûteuses que possible; nous y avons admiré une clarté et une propreté dans les ateliers qu'il est bien rare de rencontrer en semblables endroits.

Nous y avons parcouru une cité ouvrière très-remarquable, composée de 40 maisons contenant 240 familles et environ 1,600 personnes, tenues également avec une propreté irréprochable. Le loyer est de 240 fr. par an.

La cité contient non-seulement toutes les nécessités matérielles de la vie,

économat, bains, etc, mais aussi des salles d'asile pour la petite enfance, des écoles pour la jeunesse, et une bibliothèque à l'usage des ouvriers.

Ces établissements sont admirablement tenus : les salles d'asile par des bonnes sœurs; les écoles par un instituteur que nous ne craignons pas de déclarer un professeur remarquable à en juger par l'instruction qu'il répand au milieu de 500 élèves. 275 enfants fréquentent l'asile et l'école, et nous avons pu constater qu'ils profitent très-heureusement de cette fréquentation.

Ajoutons que la diffusion de ces bienfaits est due en grande partie à notre camarade Gottschalk, qui a fait don aux écoles de ces ateliers d'une somme très-importante; vous reconnaîtrez à ce don l'esprit élevé et le cœur excellent de notre camarade. Une indiscrétion qui a effrayé sa modestie nous a fait connaître ce trait, que nous sommes bien aise de vous livrer pour vous le faire encore mieux apprécier.

Cette visite de Marburg avait encore, Messieurs, un autre attrait, car nous possédions parmi nous le prédécesseur de M. Gottschalk, le fondateur de Marburg, notre camarade Desgrange. Tous, encouragés par M. Gottschalk, nous avons rendu un affectueux hommage aux talents de notre camarade Desgrange, qui lui avaient inspiré les bonnes dispositions des ateliers de Marburg.

En quittant Marburg, nous sommes partis pour Trieste.

Nous voici à Trieste. — Trieste et Fiume sont les deux seuls ports marchands de quelque importance du royaume Austro-Hongrois. — Trieste, placée au fond de l'Adriatique, n'est qu'à 600 kilomètres de Vienne. Par sa position, ce port était dès lors indiqué comme devant concentrer toute la sollicitude et tous les efforts du gouvernement. Des projets furent rédigés pour en faire un port considérable. La Compagnie du chemin de fer de la Sud-Bahn, de son côté, avait compris que la prospérité de sa ligne de Vienne était liée à celle de cette ville; aussi n'hésita-t-elle pas à proposer à l'État de se charger de la construction des nouveaux bassins, afin d'en presser l'exécution.

Ces bassins, au nombre de trois, protégés contre la mer par une digue au large de 1,090 mètres, présenteront un développement de quais de 2 kilomètres 1/2 environ; c'est à peu près une fois et demie celui qui existe aujourd'hui; le tirant d'eau sera de 8^{m}.50; la hauteur de la marée est de 0^{m}.70.

Le système de fondations des murs de quais, projeté d'abord semblable à celui employé au port de Marseille, consistait à couler sur une couche d'enrochements préalablement immergés des blocs artificiels de béton et d'y asseoir ensuite la maçonnerie.

Malheureusement, à Trieste, le fond solide est recouvert d'une couche de vase et de détritus de roches qui n'est pas moindre de 20 mètres, en sorte que les blocs déposés au fond, suivant l'alignement des quais, ont déterminé un soulèvement considérable du terrain, qu'il a fallu déblayer ensuite parce qu'il formait un obstacle à l'approche des navires. De là de fortes

dépenses sans certitude que les fondations auraient une solidité suffisante.

On s'est alors décidé à draguer, en forme de cuvette, tout le fond de la mer où les murs devaient reposer et à le remplir d'enrochements sur lesquels les blocs ont été ensuite descendus; à draguer également toute la surface des môles et à la couvrir d'une couche générale de bons matériaux, épaisse de 3 à 4 mètres.

C'est dans ces conditions que se poursuivent aujourd'hui les travaux commencés.

Déjà la digue, un bassin complet et trois môles sont construits, et, si rien ne vient déranger les prévisions, l'ensemble du port sera achevé en 1878.

On peut se faire une idée de l'importance des travaux exécutés par les chiffres suivants, arrêtés à la fin de l'année 1875 :

Terrassements.	2,700,000	mètres cubes.
Enrochements.	1,238,000	—
Murs de quai.	96,200	—
Dragage.	661,600	—

L'ensemble des travaux du port constitue un forfait, de 35 millions de francs, passé entre le gouvernement autrichien et la Compagnie de la Sud-Bahn.

Cette somme sera très-probablement dépassée, par suite de l'imprévu que les fondations ont apporté pendant l'exécution.

M. Frédéric Boïnches, Inspecteur de la Compagnie de Sud-Bahn et Directeur des travaux du nouveau port, a bien voulu nous conduire lui-même sur les lieux et nous faire visiter en détails tous les points intéressants. Montés sur le petit bateau à vapeur de la Compagnie, nous avons passé en revue toutes les parties construites et en construction, et nous avons tous admiré leur bonne et solide exécution.

La construction du nouveau port entraînera la reconstruction à peu près complète de la gare du chemin de fer. Non-seulement les bâtiments et halles à marchandises seront rapprochés des bassins, mais le bâtiment des voyageurs lui-même sera déplacé et porté plus avant du côté de la ville, à 10 mètres en contre-bas du niveau actuel. Un seul magasin sera provisoirement conservé : c'est celui qui contient les silos pour l'entrepôt des blés, soit avant leur expédition par mer quand ils viennent du continent, soit avant leur transport par chemin de fer quand ils arrivent par navire.

Ces silos, au nombre de dix-sept, dont la première application perfectionnée est due à un de nos regrettés professeurs, M. Doyère, se composent de caisses en tôle poinçonnée (remplaçant les toiles métalliques) de 20 mètres de hauteur, et contenant en leur milieu un cylindre de 0m.60 de diamètre, en tôle également poinçonnée, par lequel l'air arrive et peut pénétrer au milieu de la masse comme il le fait par les côtés.

Par cette disposition, le blé se trouve dans des caisses percées à jour sur

toutes les faces; l'aérage y est donc aussi complet que possible. Le chargement des caisses, comme leur déchargement, se fait au moyen de norias.

Après la visite des quais et du Port-Neuf, M. Boïnches a eu l'obligeance de nous conduire par mer aux ateliers de la Compagnie du Lloyd-Autrichien, aujourd'hui l'une des Compagnies maritimes les plus puissantes de l'Europe. Sa flotte est de 70 vapeurs; ses ateliers, où sont occupés 1,100 ouvriers, peuvent, en outre des réparations courantes, construire plusieurs navires à la fois. Nous en avons vu trois en construction d'une capacité de 1,500 tonneaux. Le jour de notre visite (Dimanche de la Pentecôte), les ateliers étaient en chômage. On nous les a cependant fait parcourir très-rapidement; mais il nous a été impossible de nous faire une idée de l'importance de leur outillage et de leur étendue.

Lá Compagnie du Lloyd-Autrichien construit également des navires à vapeur pour l'État, mais c'est dans les ateliers de MM. Strudthorff, situés vis-à-vis ceux du Lloyd, que se construisent les navires de guerre.

M. Strudthorff nous a accueillis avec une bienveillance extrême; il nous a fait visiter tous ses ateliers dans les plus grands détails, et, malgré la solennité du jour, il avait eu l'attention de retenir quelques ouvriers pour faire marcher les machines-outils les plus importantes, et, entre autres, nous devons signaler une machine à pression hydraulique spéciale pour cintrer à froid les plaques de blindage ayant jusqu'à 12 centimètres d'épaisseur. Cette machine peut exercer un effort de pression de 5,000 tonnes, soit environ 50 tonnes par centimètre carré.

Les ateliers de M. Strudthorff occupent 800 ouvriers, et peuvent construire quatre navires à la fois. Le nombre de ceux construits, depuis la fondation de la Société (en 1857) jusqu'à ce jour, s'élève à trente-deux.

Nous touchons au terme de notre voyage; nous allons laisser pour quelque temps les affaires de métier, et terminer cette intéressante excursion par la visite de deux merveilles.

Le château de Miramare, bien nommé vraiment, placé dans une des situations les plus merveilleuses de la côte Adriatique, les pieds dans la mer, appuyé sur une colline boisée, au milieu d'un jardin orné des fleurs les plus recherchées. Habitation charmante où tout révèle l'étude dans la distribution, le choix dans les collections artistiques de meubles anciens, de tapisseries, pendules, vases, etc., d'une élégance remarquable dans son ensemble et si bien entretenue qu'on la croirait occupée.

Miramare est de la main des hommes; mais voici un autre palais creusé dans le roc par la nature. Palais magique, spectacle incomparable, phénomène géologique des plus grands, des plus étonnants qui se puissent voir.

Telles sont les grottes d'Adelsberg situées au cœur d'une montagne de calcaire jurassique traversées par un torrent qui, après les avoir parcourues pendant quelques centaines de mètres, se perd dans les rochers pour reparaître plus loin sur le versant opposé.

Les grottes d'Adelsberg (dans la Carniole) présentent un développement de plus de 3 kilomètres d'étendue. On y entre par une galerie droite qui

se bifurque ensuite de manière à présenter un chemin sinueux de forme elliptique.

La largeur des galeries varie de 6, 10 et 20 mètres; quant à l'élévation de la voûte elle varie également de 5 à 20 et 25 mètres, et atteint, dans une partie appelée la salle de Bal, jusqu'à 50 mètres de hauteur. Les stalactites et les stalagmites y forment, soit isolément, soit en se rejoignant, les dispositions les plus curieuses qu'on puisse imaginer et que, durant les deux heures employées à les parcourir, on ne se lasse pas d'admirer.

On ne peut bien juger de la grandeur de ce spectacle que lorsque toutes les grottes sont éclairées. Cet éclairage coûte cher; il faut près de 1,000 kilogrammes de bougies pour que l'illumination soit complète; aussi n'a-t-elle lieu qu'un fois par an, le lundi de la Pentecôte. Nous avons été assez heureux, grâce à l'habileté des ordonnateurs de notre voyage, pour nous trouver ce jour-là à Adelsberg.

Quelle est la cause de ce phénomène? Ne peut-on pas l'attribuer à la rivière le Poik, qui pénètre encore aujourd'hui dans ces grottes et s'y perd, et qui à des époques antérieures les traversant dans toute leur longueur y avait fait son chemin; puis des soulèvements se sont produits, la montagne s'est élevée laissant à sec les passages que le torrent avait successivement agrandis, tandis qu'il a continué en se frayant un nouveau passage dans les anfractuosités inférieures? Les stalactites et les stalagmites se seraient développées depuis par les infiltrations supérieures?

Nous avons quitté Adelsberg pour reprendre la route de France; à Nabresina nous avons pris congé de M. Gottschalk qui avait bien voulu nous accompagner jusque-là.

Notre voyage d'exploration industrielle était fini.

Avant de clore ces notes de voyage, vous nous permettrez, Messieurs, d'exprimer ici à M. Gottschalk, et à tous ceux qui l'ont aidé à nous préparer une des plus belles excursions qu'il soit possible de faire, la reconnaissance la plus affectueusement sentie.

Partout sur notre passage, en Italie, comme en Autriche, comme en Hongrie, les mains se sont tendues vers nous; tous les moyens d'exploration, de transport, tous les plans, les renseignements techniques ont été mis à notre disposition avec une libéralité et une obligeance sans exemple. Nous pouvons dire, en un mot, que partout nous avons trouvé des collègues avec lesquels la camaraderie la plus cordiale s'est établie pour ne plus se détruire.

Nous nous sommes efforcés, Messieurs, de vous représenter dignement dans ce congrès tout spontané d'Ingénieurs; nous espérons avoir réussi et pouvoir vous dire, sans crainte d'être démentis, que la France et ses Ingénieurs sont bien aimés dans les beaux pays que nous venons de traverser.

Pour vous en convaincre, nous vous demanderons la permission d'ajouter à la fin de ces notes, le discours qui a été prononcé par M. de Fackh, pour nous souhaiter la bienvenue à Pesth :

« Messieurs, depuis quelques années les relations commerciales et les intérêts communs des chemins de fer nous procurent le plaisir de voir de temps en temps dans notre Capitale, des Collègues de presque tous les pays de l'Europe. Si nous recevons toujours ces hôtes avec un grand plaisir et une vive satisfaction, votre visite à vous, Messieurs, nous rend ce plaisir doublement précieux, car vous appartenez à une nation pour laquelle la Hongrie a eu toujours la plus vive, la plus sincère sympathie, une sympathie qui a sa source dans la reconnaissance que nous avons vouée à la France, pour l'appui moral qu'elle a donné à notre pays pendant ses années d'infortune.

« Je ne veux pas aborder le terrain de la politique, c'est seulement le cœur qui saisit l'occasion de vous exprimer ses sentiments, qui sont, croyez-le bien, ceux de la plus grande partie de mes compatriotes.

« Il y a quelques années, Messieurs, qu'une femme d'esprit a dit : *Il fait froid en Europe, depuis que la France n'est plus à la tête des Nations.* Elle avait raison, une brise glaciale s'est étendue sur l'Europe entière ; mais nous voyons avec une vraie joie, avec une profonde satisfaction que le soleil, qui tant de fois s'est levé dans votre patrie pour éclairer l'esprit des autres nations, quoique éclipsé un moment par une guerre malheureuse, se relève plus brillant que jamais.

« Messieurs, la locomotive va vous ramener bientôt dans votre belle France, et c'est à peine si vous aurez souvenance de la courte visite que vous avez faite en Hongrie ; vous aurez vu des pays plus développés que le nôtre, des villes plus riches et plus intéressantes, mais veuillez croire cependant que vous n'avez été reçus nulle part, avec une cordialité plus sincère et plus affectueuse qu'au milieu de nous. »

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. Francq, Ingénieur, divers documents sur sa locomotive sans foyer. Parmi ces documents se trouvent des résultats d'expériences qui ont été faites sur cette machine ; il pense que les sociétaires liront avec intérêt ces résultats.

Évaluation du travail pratique. — La chaleur totale d'un kilogramme de vapeur d'eau à 3 atmosphères (133°91) est, suivant M. Regnault, de :

$$606,5 + 0,305 \times 133,91 = 647,3 \text{ calories;}$$

donc ces 647,3 calories peuvent engendrer 1 kil. de vapeur à 3 atmosphères et 1 calorie engendrera $\frac{1}{647,3} = 0^k,00154487$.

De 13 à 3 atm.	à 192°08 (13 atm.), la chaleur d'un kil. d'eau, suivant M. Zenner, est de.	194,69 cal^{es}
	à 133°91 (3 atm.), la chaleur d'un kil. d'eau, suivant M. Zenner, est de.	135,22 »
	De 13 à 3 atm., 1 kil. d'eau peut donc abandonner.	59,47 cal^{es}
	qui produiront en vapeur à 3 atm. : $59,47 \times 0,00154487 = 0^k,09187$.	

De 10 à 5 atm.	à 133°91 (10 atm.), la chaleur d'un kil. d'eau est de.	182,66	cal^{es}
	à 152°22 (5 atm.), la chaleur d'un kil. d'eau est de.	153,94	»
	De 10 à 5 atm., 1 kil. d'eau peut donc abandonner.	28,72	cal^{es}
	qui produiront en vapeur à 3 atm. : $28,72 \times 0,00154487 = 0^k,04436$.		

Par la différence des nombres $0^k,09187$ et $0^k,04436$, on peut conclure qu'entre les limites de 10 à 5 atmosphères la machine d'essai qui fonctionne actuellement de Neuilly à Saint-Augustin, ne rend que la moitié du travail qu'elle pourra développer lorsqu'une installation définitive permettra de la charger à 13 atmosphères.

La moyenne du travail pratique, relevée sur des expériences (du 24 mai au 8 juin 1876), a constaté qu'avec une charge totale mise en mouvement de 12,500 kil., la locomotive sans foyèr, de Neuilly à Saint-Augustin et retour (8,470 mètres), a dépensé 5 atmosphères seulement, tout en parcourant un chemin très-accidenté, dont la plus haute rampe atteint $0^m,029$ par mètre.

Parcours possible. — De 13 à 3 atmosphères, dans les mêmes conditions, la machine actuelle, avec ses 1,600 litres d'eau, pourrait donc parcourir 16,940 mètres (1 kilomètre par 94,45 litres d'eau surchauffée) avec une charge de 12,500 kilog. Ce résultat peut donner une idée de ce qu'elle pourra faire lorsqu'on aura remédié aux vices de construction inséparables de tout premier essai, et qu'on aura réduit son poids mort à la moitié de ce qu'il est aujourd'hui.

Travail effectué en kilogrammètres. — L'étude du travail effectué pratiquement a été faite d'après le profil officiel de la voie ferrée de Neuilly à Saint-Augustin; elle a donné 1,432,690 kilogrammètres (835,366 pour l'aller, 597,324 pour le retour); pour l'aller et le retour, soit $895^{kgm},43$ par kilog. d'eau surchauffée, entre les limites de de 10 à 5 atmosphères. De 13 à 3 atmosphères, la machine rendrait donc le double, soit 1,790 kilogrammètres par litre d'eau. Si l'on joint à cela : 1° la perte résultant des résistances passives produites par l'action du frein; 2° l'imperfection de la voie ferrée de Neuilly à Saint-Augustin, voie qui offre des rétrécissements qui vont, dans certains points, jusqu'à $0^m,020$ (voir le résumé ci-après), il est raisonnable d'admettre que toutes ces causes ont dû apporter au rendement une diminution assez considérable.

Dans la séance du 21 avril 1876, M. Mékarski, parlant des locomotives sans foyer en général, dit qu'à la Nouvelle-Orléans le parcours effectué par ces machines entre la ville et le bourg de Carrolton, avec un réservoir de 1,600 litres, sur une voie parfaitement de niveau, n'est que de 8 à 9 kilomètres;..... que le modèle construit à Verviers (Belgique) ne fait pas plus de 6 kilomètres, avec 1,400 litres d'eau surchauffée;..... enfin, parlant de la machine d'expérience actuelle, il ne lui accorde même pas la puissance,

avec 2,000 litres d'eau (dit-il) de franchir la distance de 4 kilomètres, qui sépare son garage de l'église Saint-Augustin.

Les résultats que nous venons de citer réfutent suffisamment les allégations de M. Mékarski.

La voie sur laquelle fonctionne la locomotive sans foyer est située au milieu d'une chaussée très-passagère, le coefficient de résistance au roulement est donc beaucoup plus élevé qu'il ne le serait sur une ligne peu fréquentée ou située sur les versants de la voie. Force est au conducteur (surtout à la rampe de Saint-Augustin) de ralentir à chaque instant l'allure de la machine pour livrer passage, à droite et à gauche, aux nombreuses voitures qui la croisent de toutes parts. Cette marche irrégulière nécessite des démarrages successifs qui s'opèrent avec la plus grande aisance, mais qui exigent un développement de force dont on n'a pas tenu compte dans l'évaluation des 1,432,690 kilogrammètres dont il a été question ci-dessus.

Extrait du relevé général de la voie ferrée de Neuilly à Saint-Augustin.

Courbe du boulevard d'Inkermann, rive droite, rétrécissement au milieu	0^{m},010
Avenue de Villiers, commencement de la 1re aiguille, rétrécissement	0 .020
1re aiguille de la place Péreire; rétrécissement au milieu	0 ,010
2e aiguille du boulevard Malesherbes, rétrécissement au commencement	0 ,010
Grande courbe du boulevard Haussmann, rétrécissement au milieu	0 ,010

Prix de revient comparés.

1° Traction par les chevaux :

La Compagnie des Omnibus sur la ligne des tramways (à impériales), de l'Étoile à la Villette, accuse un prix de revient kilométrique de 0,552 fr. Dans cette évaluation sont compris les chapitres suivants : nourriture des chevaux, ferrage, relayeurs, côtiers, palefreniers, vétérinaires, médicaments, piqueurs, renouvellement des chevaux et des harnais, chevaux au labour et de réserve.

La Compagnie des Tramways Nord n'annonce qu'un prix de revient de 0^{f},45 par kilomètre (ses voitures n'ont pas d'impériale).

2° Traction par la locomotive sans feu.

Les constatations faites sur la chaudière de la locomotive sans foyer au moyen d'un niveau gradué ont démontré que la dépense de vapeur, entre les limites de 10 à 5 atmosphères pour le parcours total de 8,470 mètres, avec une charge de 12,500 kilog., était de 150 kilog. D'un autre côté, on sait qu'une chaudière fixe peut produire 9 kilog. de vapeur par kilogramme de houille tout venant, coûtant 30 fr. la tonne hors Paris; admettons 7 kilog. seulement.

Pour un parcours de 90 kilomètres par jour, en 10 voyages, aller et retour, la locomotive sans foyer dépensera donc :

$$150^{k} \times 10 = 1,500 \text{ kilog. de vapeur.}$$

Elle brûlera par jour $\frac{500}{7} = 214$ kilogrammes de houille, qui coûteront

0,214 × 30 = ...	6,42 fr.
Machiniste.	7
Personnel des chaudières fixes.	1
Entretien et renouvellement des machines.	4,12
Huile et graisse.	1
Bourrages et divers.	1,50
Accrocheurs.	0,35
	21,39

Si la machine ne fait que 90 kilomètres par jour, avec une charge totale de 12,500 kilog., la dépense kilométrique sera :

$$\frac{21,39}{90} = 0^{f}24.$$

Mais une machine peut faire régulièrement 125 kilomètres par jour, ce qui réduira la dépense par kilomètre à :

$$\frac{23,31}{125} = 0^{f},18.$$

Au lieu de 0,552 et 0,45, chiffres donnés par les tramways.

Séance du 21 Juillet 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 juillet est adopté.

L'ordre du jour appelle la communication de M. de Bruignac sur le procédé Sherman.

M. DE BRUIGNAC explique que M. Sherman, membre de la Société, désirait l'entretenir d'un procédé métallurgique qui porte son nom ; mais que, ne parlant pas assez le français pour pouvoir le faire lui-même, il a prié M. de Bruignac de s'en charger.

Le procédé Sherman, poursuit M. de Bruignac, a été, en France, depuis dix-huit mois environ, l'objet d'essais assez importants pour qu'il convienne de ne pas tarder davantage à en faire l'objet d'une communication à la Société des ingénieurs civils.

Depuis son apparition, le procédé Sherman a été parfois l'objet de discussions très-vives, dans lesquelles la préoccupation scientifique n'a peut-être pas été toujours seule à jouer un rôle. M. de Bruignac, dans l'exposé qui va suivre, se tiendra soigneusement en dehors des discussions auxquelles il fait allusion, et se bornera strictement à l'énoncé des faits, dont l'importance est d'ailleurs suffisante pour dispenser de commentaires.

Le procédé Sherman consiste essentiellement dans l'emploi de l'iode, à une dose beaucoup trop faible pour que les réactions chimiques connues puissent rendre compte de son effet. Par exemple, dans un four à puddler, on emploierait à peu près 30 grammes d'iodure de potassium par tonne de fonte.

Les effets attribués par M. Sherman à son procédé se résument ainsi :

1° Dans les fours à puddler, purifier le fer, le durcir et le rendre plus malléable; obtenir avec une fonte commune, sans mélange, un fer égal au meilleur fer au bois.

2° Dans le convertisseur Bessemer, obtenir de l'acier de bonne qualité avec une proportion tout à fait inusitée de fonte commune. Dans le four Martin, faire de bon acier avec de vieux rails de fer et autres matériaux défectueux; cet acier étant plus tenace, plus malléable et plus uniforme que l'acier produit par tout autre procédé.

3° Le métal traité par ce procédé est plus liquide et conserve mieux la chaleur; la fusion est plus rapide et par suite l'opération plus courte que par d'autres méthodes.

4° Ce procédé peut être appliqué à toute sorte d'appareils, — four à puddler, convertisseur Bessemer, four Martin, creusets, etc., — sans aucune modification ni dépense spéciale.

5° Le coût du produit chimique à employer est entièrement insignifiant.

6° Par ce procédé, on peut faire de bon fer et de bon acier avec toute sorte de minerais.

A ces allégations, on ne peut appliquer qu'un seul moyen de contrôle, l'expérience et l'examen des faits; M. de Bruignac se bornera à les exposer.

Depuis le 1er octobre 1875, la Société des forges et aciéries de Firminy a produit quinze mille tonnes d'acier par le procédé Sherman, et aujourd'hui elle n'en fait plus que par cette méthode. Les directeurs se montrent extrêmement satisfaits des produits. Les procès-verbaux suivants d'essais pourront en rendre compte; ils ont eu lieu depuis trois mois, et se rapportent à des aciers Martin, faits avec une proportion impossible jusque-là de vieux rails de fer.

Les barres d'essai avaient 0m.014 de diamètre, soit 154 millimètres quarrés de section, et 0m,100 entre les repères.

DÉSIGNATION.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.	N° 8.
Charge totale................	8059k,3	8059,3	8059,3	8572,6	8572,6	9086	9086	9086
Charge totale par millim. q. de section primitive...........	52k 1/3	52 1/3	52 1/3	55 2/3	55 2/3	59	59	59
Charge totale par millim. q. de section de rupture..........	98k,64	102,65	106,9	102,91	93,6	97,4	99,2	103,2
Diamètre au point de rupture....	0m,0102	0,010	0,0097	0,0103	0,0108	0,0109	0,0108	0,0106
Section au point de rupture.....	82 mill.	78	74	83	92	93	92	88
Allongement pour 100 permanent, à la rupture...............	21,6	24	25	28,5	22	20	20	18

Essais du procédé Sherman faits aux hauts-fourneaux « Atlas » de Sheffield, le 31 juin 1871, avec des fontes de Cleveland, contenant 1,0 à 1,5 pour 100 de phosphore. La seule fonte employée était celle dite Linthorpe n° 4 (fonte de Middlesborough).

Le fer aciéreux (acier puddlé) obtenu, analysé par M. G.-E. Barker, avait la composition suivante :

Fer..................	99,450
Carbone combiné..........	0,10
Graphite...............	trace.
Silicium...............	trace.
Phosphore..............	0,105
Soufre.................	trace.
Manganèse.............	0,340

Ce fer, contenant 0,105 par 100 de phosphore, a donné le résultat mécanique suivant à l'essai fait par M. Hunt :

Diamètre de la barre d'essai.....	1,38	pouces	0m.035
Effort de rupture...........	40,75	tonnes	41,361 kilog.
— par pouce carré.	27,24		42k.9 par mill. q.
Allongement.............	29,7	pour 100.	
Réduction de section........	52,58	—	

De l'acier fondu au creuset fait avec ce fer à l'usine de « Carlish Steel Works, » de Sheffield, avait la composition suivante, d'après l'analyse de M. Barker :

Carbone combiné...........	0,67 pour 100
Graphite.................	trace.
Silicium.................	trace.
Phosphore................	0,04
Soufre...................	trace.
Manganèse...............	0,80

Cet acier a donné le résultat suivant aux essais :

Tension de rupture par pouce carré.	72 tonnes	113 kil. par mill. q.
Diminution de section.	43 pour 100.	
Allongement.	13 —	

Extraits du rapport de M. Hunt sur les essais faits par lui aux usines « Atlas Works, » de MM. John Brown et Compagnie, à Sheffield, le 11 février 1871.

Rails d'acier Bessemer, procédé Sherman, contenant une tonne de fonte Glengarnoch pour cinq de fonte hématite n°s 2 et 3 (on a toujours écarté le n° 1). Ces rails étaient à patins et pesaient 57 livres par yard (28 kil. par mètre). Le mouton pesait une tonne, la chute était de 15 pieds (4^m^.572), et les supports à 3 pieds (0^m^,914) d'écartement :

	FLÈCHES.		
	1er ESSAI.	2e ESSAI.	3e ESSAI.
Rail de la charge n° 900..	5,5 p. = 139m/m,7	$5\frac{3}{8}$ = 136m/m,5	Rupture.
Rail de la charge n° 901..	$5\frac{3}{4}$ p. = 146 m/m.	$5\frac{7}{8}$ = 149 mill.	$10\frac{1}{2}$ = 266m/m,7

Barres d'essai de la charge n° 901.

Traction.

Longueur de la barre. . . .	10 pouces	254 millimètres.
Section —	0,56 × 0,57 »	207m/mq.69.
Effort de rupture.	14,50 tonnes	71 kil. par mill. q.
Allongement..	13,7 pour 100.	
Réduction de section. . . .	41,9 —	

Torsion à froid. La barre d'essai avait un pouce carré (645 mill. carrés) aux extrémités, 1/2 pouce carré (161 mill. carrés) au milieu, et 22 pouces (0^m^,558) de long. Elle subit 4 tours et cassa dans la pince.

Enroulement à froid. Des barres Bessemer du n° 901, de 1/2 pouce carré, subirent 4 tours d'enroulement en hélice, dont le diamètre intérieur était 3 3/8 de pouce (86 millimètres).

Barres d'essai de la charge n° 921 (contenant deux tonnes de fonte Glengarnoch pour quatre de fonte hématite).

Traction :

Longueur de la barre. . . .	10 pouces	254 millimètres.
Section —	0,56 × 0,56 —	204m/m.64
Effort de rupture..	15,25 tonnes	76k.6 par mill. q.
Allongement..	11,5 pour 100	
Réduction de section. . . .	32,52 —	

Torsion à froid. Deux barres d'essai de 645 mill. carrés aux extrémités, 161 mill. carrés au milieu et 0m.558 de long, subirent 5 tours chacune et cassèrent au milieu.

Enroulement à froid. Une barre de 1/2 pouce carré subit 5 tours d'enroulement en hélice d'un diamètre intérieur de 86 millimètres.

De l'acier Bessemer, charge n° 836, contenant une tonne de fonte Glengarnoch pour deux d'hématite, fit de bon acier à outils. L'un d'eux tourna, sans être repassé, une portion de tige de piston en acier Bessemer ayant les dimensions suivantes : longueur tournée, 5 pouces (127 mill.), diamètre, 9 pouces (230 mill.), profondeur de l'entaille, 3/8 (9,5 mill.). Le rapport du contre-maître forgeron porte : « Cet acier se comporte bien sur l'enclume et est aussi bon que le meilleur acier à outils ; il résiste bien au feu. » Le contre-maître tourneur dit dans son rapport sur le même acier : Deux outils employés à dégrossir un grand arbre d'acier Bessemer travaillèrent chacun sept heures sans être repassés ni retrempés. — Partie tournée, 4 pieds (1m.219) de long, diamètre, 12 pouces (0m.304), entaille, 3/4 de pouce (0m.019). — Cet acier supporte un fréquent trempage sans s'écailler. Une barre de 1 1/4 de pouce (0m.032) fendue en deux et courbée à l'envers a fait un ciseau à froid qui se comporta bien sur l'enclume, et se forgea parfaitement. Il supporta 140 coups d'un marteau à buriner pour fendre un lingot d'acier Bessemer.

Voici l'analyse de la fonte Glengarnoch dont il vient d'être question (par M. G.-E. Barker, Atlas Works, Sheffield, 1er février 1871).

Fer	90,877	p. 100.
Carbone combiné	0,330	—
Graphite	2,550	—
Silicium	3,475	—
Phosphore	0,355	—
Soufre	trace.	
Manganèse	2,413	—
	100,000	—

	Analyse d'une charge pour acier Bessemer (une tonne de fonte Glengarnoch pour 5 de fonte hématite).	Analyse de l'acier produit avec cette charge traitée par le procédé Sherman :
Carbone combiné	0,426	0,380
Graphite	2,419	trace.
Silicium	3,080	trace.
Phosphore	0,104	0,045
Soufre	0,090	trace.
Manganèse	0,592	0,625

Cette analyse montre une réduction de phosphore de 59 sur 104 ; elle est plus grande en réalité, par suite de la réduction du métal.

Essai de fer fait avec de la fonte de Middlesborough (Cleveland). (Rapport de M. Hunt.)

Barre de fer ronde, n° 6, pour boulons de plaques de blindage :

Diamètre	1,38 pouce	$0^{m},035$ ($962^{m}/_{m}q.$)
Traction de rupture	40,75 ton.	41,361 kil.
Id. par pouce de section primitive	27,24 —	$42^{k},8$ par millim.q.
Réduction de section	52,27 p. 100.	
Allongement	29,7 —	
Courbure à chaud	180°.	
Courbure à froid	180°.	

Plaque de fer A. 2. Sens longitudinal :

Dimensions	2,03 × 0,38 pouce	$497^{m}/_{m}q,67$
Effort de rupture	19,75 ton.	20,046 kil.
Id. par pouce carré de sect. primitive	25,60 —	$40^{k},2$ par millim.q.
Allongement	17,4 p. 100.	
Réduction de section	23,24 —	
Courbure à chaud (angle vif)	120°	
Courbure à froid	85°	

Plaque de fer A. 2. Sens transversal :

Dimensions	2,03 × 0,38 pouce	$497^{m}/_{m}q,67$
Effort de rupture	17,75 ton.	$18,016^{k},25$
Id. par pouce carré de sect. primitive	22,89 —	36 kil. par millim.q.
Allongement	6 p. 100.	
Réduction de section	13,15 —	
Courbure à chaud (angle vif)	90°	
Courbure à froid	30°	

Essai de barres d'acier de creuset, procédé Sherman, fonte de Middlesborough (Linthorpe, n° 4). (Rapport de M. Hunt.)

N° 1.

Longueur de la barre d'essai	10 pouces	254 millim.
Dimensions	0,49 × 0,49	$154^{m}/_{m}q,86$
Effort de rupture	11,25 ton.	$11,418^{k},75$
Id. par pouce carré de sect. primitive	46,85 —	73 kil. par millim.q.
Allongement	9,5 p. 100.	
Réduction de section	31,69 —	

N° 2.

Longueur de la barre d'essai	10 pouces	254 millim.
Dimensions	0,51 × 0,51	$167^{m}/_{m}q,76$
Effort de rupture	11,50 ton.	$11,672^{k},5$
Id. par pouce carré de sect. primitive	45,09 —	70 kil.
Allongement	12,3 p. 100.	
Réduction de ection	41,89 —	

N° 3.

Longueur de la barre d'essai............	10 pouces	254 millim.
Dimensions........................	0,55 × 0,55	195m/mq,11
Effort de rupture.....................	16,50 ton.	16,747k,5
Id. par pouce carré de sect. primitive.	54,54 —	85k,8 par millim.q.
Allongement........................	10,91 p. 100.	
Réduction de section..................	30,04 —	

En décembre 1874, des essais furent faits par M. de Bruignac, pendant deux jours consécutifs, dans le four à puddler de la forge de Grenelle, et le fer fut éprouvé dans l'usine de MM. Caïl et Compagnie et par leurs soins. Le premier jour, la charge était principalement de la marmitaille, et le deuxième des boulets. On eut soin de faire chaque jour une ou deux charges de comparaison sans le procédé Sherman; les échantillons de ces charges sont ceux marqués 0.

Échantillon. .	0,	rupture. . .	29k,6,	allongement. . .	15	pour 100
—	0	—	28 ,7	—	15	—
—	1	—	34 ,2	—	16	—
—	1	—	34 ,2	—	18	—
—	2	—	33 ,2	—	20	—
—	2	—	33 ,4	—	19	—

On voit que l'accroissement de résistance ressort à 15,5 pour 100 pour la marmitaille et 16 pour 100 pour les boulets. Le contre-maître de l'usine résumait son impression en disant que le fer produit par le procédé Sherman était ce qu'il obtenait avec de la fonte au bois.

A la demande de l'amirauté anglaise, M. Sherman fit des plaques d'acier pour navires, chaudières et autres, qui furent essayées au royal-dockyard de Chatham. Le fer employé était du fer anglais commun, choisi par M. Luke, inspecteur en chef de l'amirauté, qui surveilla lui-même les expériences. Les plaques présentèrent une force de résistance de 36 tonnes par pouce carré de section primitive (56k,65 par millimètre carré), avec un allongement de 30 pour 100.

L'effort de rupture au point de fracture, rapporté à la section primitive, fut de 63 tonnes par pouce carré (99 kil. par millimètre carré). Ces plaques avaient 7/16 de pouce (11 millimètres) d'épaisseur; elles furent courbées à plat sans casser, tant dans le sens du grain qu'en travers.

Une barre de 1,5 pouce carré (38 millimètres), de l'acier nommé par les officiers de l'amirauté *gun metal*, a donné une force de résistance de 59,645 tonnes par pouce carré (93 kil. par millimètre carré) de la section primitive, et un allongement de 25 pour 100. Des échantillons d'acier à outils ont donné une force de résistance de 76 tonnes par pouce carré (119 kil. par millimètre carré), avec un allongement de 10 pour 100.

En Amérique, les expériences de M. Sherman se bornèrent à faire de l'acier de creuset. Il fut fait à Pittsburg, aux usines de MM. Anderson et

Wood, et essayé au navy-yard de Washington, par ordre du vice-amiral Dohlgren. La force de résistance varia de 45 à 70 tonnes par pouce carré (70 à 110 kil. par millimètre carré) de section primitive, avec un allongement variant de 5 à 12 pour 100. On fit aussi un acier extrêmement dur, supportant 110,45 tonnes (173 kil. par millimètre carré), mais avec un allongement insensible.

Il a été question d'insuccès que le procédé Sherman aurait essuyés en diverses circonstances. Il est nécessaire d'apporter à cet égard quelques explications de fait.

En 1871, à la suite d'essais très-satisfaisants, M. Shermau traita avec M. Robert Crawshay, des usines de Cyfarthfa, dans le pays de Galles. Mais M. Crawshay, à son grand regret, fut obligé d'y renoncer, sous la pression de ses puddleurs. Par parenthèse, les puddleurs eux-mêmes regrettaient le procédé autant que M. Crawshay, parce que celui-ci les avait intéressés dans l'économie; mais ils subissaient l'exigence de leur trade-union.

En juillet 1873, M. Sherman a fait à Denain un essai sans suite. La cause en est que M. Sherman était alors absorbé par ses travaux en Angleterre, et n'avait pour but que de maintenir son brevet français. Du reste, l'essai de Denain a été tout à fait satisfaisant.

A la forge d'Alfort, des essais faits par M. Mazeline ne donnèrent pas de résultats décisifs. Mais les fours employés n'avaient pas été allumés depuis deux ans; et, n'ayant pas d'ouvriers spéciaux, on prit ceux des forges pour les mettre aux fours à acier. Ces essais ne peuvent donc rien prouver en aucun sens.

En décembre 1874, des essais furent faits à Terre-Noire, et parurent donner des résultats nuls. Voici ce qu'il faut remarquer à ce sujet : 1° par un motif inexpliqué, aucun essai ne fut fait dans les fours à acier de Terre-Noire, bien que ce fût là qu'ils eussent dû surtout être faits; 2° les essais n'eurent lieu que dans deux fours à puddler, pendant une journée entière. Par suite de causes particulières, très-certainement étrangères aux directeurs de l'usine et ignorées d'eux, les résultats furent complétement illusoires. M. de Bruignac croit cette indication suffisante; au besoin, il pourrait la compléter, car il a pris part, personnellement, à ces essais.

On a reproché à M. Sherman d'attribuer les effets de son procédé à ce que le phosphore deviendrait amorphe sous l'action de l'iode. Cette théorie a été avancée par feu M. Ferdinand Kohn, ingénieur civil. Quant à M. Sherman, il s'est toujours abstenu de rien formuler à ce sujet, et se borne à constater les faits sans en proposer d'explication pour le moment.

M. Périssé présente quelques observations pour ne pas laisser aujourd'hui sans réponse la communication qui vient d'être faite ; il ne peut pas admettre que, avec le procédé Sherman seul et tel qu'il vient d'être indiqué, il soit possible d'obtenir les résultats qui sont annoncés par l'inventeur, c'est-à-dire : production de fers et aciers supérieurs avec des matières très-ordinaires, médiocres même, ne permettant pas d'obtenir ces mêmes

fers et aciers sans l'addition de 30 grammes d'iodure par tonne de métal.

Il vient d'être donné lecture de divers résultats d'expériences à la traction, à l'allongement, etc., de fers et aciers obtenus dans diverses usines par le procédé Sherman, c'est-à-dire par l'emploi, dans le bain métallique, de la quantité d'iode extrêmement petite qui a été indiquée. Ces résultats sont remarquables, mais ils n'ont rien d'exceptionnel, et les forges fabriquent, sans le procédé Sherman, des aciers ayant les mêmes propriétés physiques. Aussi serait-il utile tout d'abord de savoir si ces mêmes usines ont fait des essais comparatifs sérieux et complets avec les mêmes matières, c'est-à-dire absolument dans les mêmes conditions, sauf l'emploi de la dose homœopathique d'iode. Voilà où est la question; et, si ces essais comparatifs ont été faits, quels en ont été les résultats et en quoi diffèrent les produits obtenus, considérés soit au point de vue de leurs qualités physiques, soit à celui de leur composition chimique.

Pour pouvoir examiner le procédé, il convient évidemment de connaître bien exactement les conditions des essais comparatifs et les résultats contradictoirement obtenus, sinon l'examen du procédé Sherman ne peut pas être fait devant la Société des Ingénieurs civils, puisque aucune explication n'est apportée par M. Sherman.

M. Périssé fait remarquer que jusqu'ici M. Sherman ou ses amis ont expliqué que le phosphore devenait amorphe, et que, par suite, l'iode n'intervenait plus comme équivalent chimique, mais bien comme agent d'amorphisme du phosphore. M. Périssé rappelle que, d'après les physiciens, cet amorphisme cesserait au delà d'une température de 270°, et qu'alors on ne comprend plus le phénomène; mais il n'insistera pas sur cette explication d'abord donnée et qui paraît aujourd'hui abandonnée par M. Sherman.

D'après ce qui vient d'être dit par M. de Bruignac, sur les expériences de Sheffield, il y aurait eu élimination de 55 pour 100 du phosphore contenu dans la fonte employée à la fabrication d'acier puddlé; et cette élimination est attribuée à l'iode jeté dans le bain. M. Périssé ne peut pas l'admettre *à priori*, parce qu'alors l'iode intervient bien comme équivalent. Or, l'iodure de potassium contenant 77 pour 100 d'iode, les 30 grammes employés correspondent à 23 grammes d'iode par tonne de métal, et comme, d'autre part, les fontes de Middlesborough, citées aussi dans le mémoire, doivent contenir de 14 à 18 millièmes de phosphore, il faudrait donc neutraliser ou chasser une proportion importante des 14 à 18 kilog. de phosphore avec 23 grammes d'iode? Cela ne paraît pas admissible; l'élimination du phosphore doit être attribuée à d'autres causes, qui ne pourraient être mises en lumière qu'autant qu'on apporterait des éléments plus complets d'appréciation, tels que : analyses, quantités de toutes les matières chargées et nature des soles et appareils employés.

M. Périssé a retenu, au cours de la lecture, qu'une analyse de fonte, traitée au four à puddler pour acier, a accusé une teneur de 3 1/2 millièmes de phosphore et 24 millièmes de manganèse; dans ces conditions, il est

bien permis de s'expliquer la bonne qualité de l'acier puddlé obtenu, sans faire intervenir l'iode.

Mais un fait important a été cité par M. de Bruignac, c'est que : 15,000 tonnes d'acier Martin ont été déjà fabriquées, à l'usine Verdié, par le procédé Sherman. Il n'a pas été dit si là aussi il y a eu élimination de phosphore, mais il y aurait amélioration de qualité. M. Périssé dit qu'il résulte d'un procès-verbal qu'il a sous les yeux (séance du 6 mai 1876 de la Société de l'Industrie minérale, à Saint-Étienne), que, d'après la déclaration même de M. Eugène Verdié, on ajoute pour une charge de 6 tonnes 2 kilog. de divers réactifs, iodure compris, et, en outre de ces 2 kilog., on ajoute au bain 220 kilog. de spiegel à 10 pour 100 de manganèe, plus 67 kilog. de ferro-manganèse pauvre ou spiegel riche à 30 pour 100.

Est-ce là le procédé Sherman tel qu'il vient d'être présenté à la Société ?

Les divers réactifs seraient des sels alcalins, dont on s'expliquerait une certaine action, non-seulement par l'iode et les matières formant acides, mais aussi par les alcalis constituant les bases. Les métaux alcalins ou autres, tels que le manganèse, ayant plus d'affinité pour le soufre que le fer, leur action s'exercerait très-heureusement pour le traitement des matières sulfureuses, parce qu'il est d'une haute importance d'éliminer le soufre dans la fabrication des aciers. Les meilleurs n'en contiennent que des traces, et il est tout à fait anormal d'en rencontrer plus de 4 à 5 dix-millièmes dans les aciers de qualité inférieure.

Il serait donc utile, pour pouvoir se faire une opinion définitive du procédé de M. Sherman, qu'il voulût bien apporter d'autres éléments d'appréciation que ceux dont la Société vient de recevoir communication.

M. de Bruignac répond qu'il n'a pas les analyses des fontes employées par M. Verdié, ni de chiffres d'essais comparatifs dont il vient d'être parlé, mais que la question se présente sur le terrain un peu différent que voici : sans doute, des aciers aussi bons que ceux cités plus haut ont pu être obtenus à Firminy sans le procédé Sherman, mais c'était avec une composition de charge toute différente, et voilà ce qui a fixé l'attention des directeurs. Par exemple, avant le procédé Shermann, on n'avait jamais pu introduire dans les charges plus de 1/20e de vieux rails de fer pour obtenir une certaine qualité, et, avec le procédé Sherman, on a pu atteindre cette qualité en introduisant jusqu'à moitié de la charge de ces rails.

Une semblable remarque doit être faite au sujet des fontes de Glengarnoch, contenant 3,5 millièmes de phosphore et 24 de manganèse. M. Périssé croit qu'avec ces éléments, et sans aucun moyen particulier, on peut obtenir l'acier dont il a été question ; mais les usiniers anglais pensent le contraire, et disent qu'ils ne peuvent traiter ces fontes dans le convertisseur Bessemer sans le procédé Sherman.

L'emploi du spiegel et du manganèse est constant dans la fabrication de l'acier, et on ne peut s'étonner de voir M. Verdié les employer, ainsi qu'il a toujours fait. La question est de savoir ce qu'il obtenait avec ces mêmes éléments, mais sans le procédé Sherman ; c'est ce qui vient d'être dit.

On a maintes fois tenté l'emploi du borax, du chlorure de sodium et autres corps d'effet semblable, mais sans grand avantage; les métallurgistes en connaissent parfaitement l'influence. Si, aujourd'hui, les mêmes corps, avec addition d'iodure, produisent un effet nouveau, il faudra admettre que l'iodure paraît en être cause.

Le procédé Sherman ne prétend pas remplacer et rendre inutiles les moyens actuels de traitement; il s'y ajoute, et améliore le résultat.

Du reste, dans beaucoup de cas, l'iodure était introduit absolument seul; c'est ce qui a eu lieu notamment aux essais de Grenelle, que M. de Bruignac a faits lui-même et seul.

M. de Bruignac ne suivra pas M. Périssé dans sa discussion théorique, puisque, ainsi qu'il l'a dit, le procédé Sherman lui paraît encore inexplicable chimiquement. Il est d'ailleurs certain que M. Périssé lui-même serait le premier à ne pas vouloir opposer une fin de non-recevoir théorique à un fait constaté, par cela seul qu'il serait inexplicable. Car, il faut le remarquer, l'effet attribué au procédé Sherman échappe aux théories actuelles mais ne les contredit pas.

Dans toutes les expériences auxquelles il a assisté, et qui ont produit 16 pour 100 d'amélioration en moyenne dans les essais à la traction, on n'a pas ajouté autre chose au bain que 30 grammes par tonne d'iodure de potassium. Il n'explique pas le fait, il ne peut que l'affirmer.

M. Lencauchez confirme ce qu'a dit M. Périssé. Les bases caustiques peuvent avoir un certain effet pour l'élimination du phosphore, mais ce ne peut être que par réaction chimique, et il faudrait, pour obtenir l'élimination qu'on signale, que la quantité du potassium ou du sodium introduite fût assez considérable.

M. le Président remercie M. de Bruignac de sa communication. Il croit que la discussion serait inutile en l'état de la question, et en l'absence d'analyses et d'informations plus précises; il propose donc de la clore, jusqu'à ce que des faits certains puissent être produits à la Société.

M. Goschler fait une communication sur *les chemins de fer en Turquie*. Son étude se divise en deux parties, qui traiteront l'une des chemins de fer en Turquie d'Europe, l'autre des chemins de fer en Turquie d'Asie.

Le moment peut paraître peu favorable pour une semblable étude; c'est cependant quand la fin de la guerre approche qu'il faut se préparer aux travaux de la paix, et rechercher la solution d'une question qui, bien traitée et convenablement tranchée en temps voulu, aurait peut-être contribué à écarter et retardé à coup sûr la crise actuelle.

Considérations générales.

La constitution d'un réseau dans la Turquie d'Europe a naturellement deux objectifs : 1° réunir la capitale aux villes et provinces les plus importantes; 2° réunir celles-ci aux chemins de fer des nations voisines ou aux voies maritimes les plus convenables.

Quiconque a voyagé en Turquie sait, en effet, qu'il n'existe dans l'intérieur du pays que des vestiges de routes sans continuité; l'action gouvernementale est donc très-lente à se faire sentir. Le commerce intérieur va chaque jour en décroissant; ce sont les contrées bordées par les fleuves ou les districts à proximité de la mer seuls qui peuvent profiter de la faculté d'exporter leurs produits. Les directions générales des lignes maîtresses qui se présentent naturellement à l'esprit sont, d'une part, une ligne de 1,200 kilomètres, dirigée de l'est à l'ouest, qui, partant de la mer Noire et Constantinople, passerait par Andrinople, Philippoli, Sophia, Pristina, Prisrend, aboutirait à Scutari d'Albanie et à l'Adriatique; d'autre part, une série de lignes tranversales dirigées sensiblement du nord au sud, notamment : une ligne de la Save au golfe de Salonique, passant par Serajevo (Bosna-Sérai), Pristina et Uskub; une seconde ligne transversale de Belgrade vers le sud, et se bifurquant à Nisch pour gagner Salonique d'un côté et Constantinople de l'autre; une troisième transversale reliant le bas Danube à la mer Égée, en passant par Chumla, Slivno et Andrinople.

Quelques explications sur la topographie de la Turquie d'Europe font voi les difficultés que l'établissement de ce système de lignes doit rencontrer. Le pays, en y comprenant ses enclaves, la Serbie et le Monténégro, est très-imparfaitement connu. Il n'en existe pas une seule bonne carte; on n'a de données générales approximatives que les publications d'Amy Boui et de Viquesnel, et des détails spéciaux et positifs sur certaines directions que depuis les études de chemins de fer entrepris dans les huit dernières années.

Les croquis tracés sur le tableau par M. Goschler font voir que l'on peut considérer le pays en question comme partagé en cinq bassins oro-hydrographiques, présentant chacun des caractères bien distincts, savoir : à l'ouest, le bassin de la mer Adriatique, qui s'étend des frontières de Grèce aux frontières de la Croatie hongroise; au nord, le bassin de la Save et du haut Danube, qui verse dans ce fleuve les eaux réunies par l'Unna, la Bosna, la Drina et la Morava; au nord-est, le bassin du bas Danube, bordé à l'ouest et au sud par le Balkan; au sud-est, le bassin de la Maritza; le cinquième enfin qui, comme ce dernier fleuve, se déverse dans la mer Égée, mais s'en trouve séparé par le puissant massif du Rhodope.

Comme on le voit, le centre, l'origine de ces bassins se trouvent réunis vers une contrée de hauts plateaux, qui s'étend des environs de Prisrend à Pristina, Ichtiman à Samakov et Dubnitza. En partant de ce centre on voit, au nord-est, le Balkan, qui descend au sud vers la mer Égée, d'une part, et à l'est vers la mer Noire, d'autre part, en suivant parallélement la direction du bas Danube, depuis les Portes-de-Fer, où il traverse le fleuve en venant des Karpathes, jusqu'à Varna, où il s'abaisse au niveau des côtes de la mer Noire. Ses plus hauts sommets ne dépassent généralement pas 2,000 mètres, et les vallées y sont relativement peu encaissées. Le sol est fertile et la population assez dense et laborieuse. Au sud-ouest, le bassin de la Maritza est très-ouvert, très-largement ondulé, sans différences brusques de passage entre les cours d'eau secondaires. C'est la partie de la

Turquie d'Europe la plus peuplée et la plus riche. Le bassin du sud se présente sous deux aspects différents. L'artère principale, le Vardar, coule dans une vallée très-convenable pour l'établissement d'un chemin de fer; mais il traverse une contrée presque totalement déserte et inculte, à l'exception de son origine sur les hauts plateaux. Il faut remonter les autres cours d'eau et leurs affluents pour trouver quelque agglomération importante et des districts cultivés.

Entre ce bassin et ses voisins du Rhodope et de la Maritza se dressent des montagnes avec pentes raides, aux sommets élevés et vallées étroites, tortueuses, qui, comme celles des bassins dont il nous reste à parler, se ressentent de l'action des convulsions géologiques auxquelles la Turquie d'Europe doit son relief actuel.

Le bassin de l'Adriatique se compose d'une série de crêtes, de plissements parallèles, dirigés N.-O.-S.-E., très-rapprochés les uns des autres, très-élevés, présentant des différences d'altitude énormes entre les cols et les vallées qu'ils séparent. Ces crêtes sont à leur tour découpées par des cassures transversales E.-O., elles-mêmes impraticables, et qui brisent à chaque pas la direction des vallées principales. La population y est très-clair-semée et d'une activité industrielle sinon nulle, du moins plus que médiocre.

Le bassin de la Save et du haut Danube peut, par la pensée, se partager en deux régions : la haute Bosnie, dont les caractères alpestres sont identiques à ceux du bassin voisin, celui de l'Adriatique ; la basse Bosnie et la Serbie, qui participent à la fois des conditions des régions des montagnes et des grandes plaines. Dans ces dernières contrées, la population est moins clair-semée et le travail plus rémunérateur.

Voyons maintenant comment se concilient ces conditions topographiques avec celles de l'établissement de réseau du chemin de fer esquissé au commencement de cette note, et suivons sur les profils les tracés qui sembleraient commandés par la nature même des choses. La grande ligne est-ouest, de la mer Noire et Constantinople à l'Adriatique, s'élève de la cote 2 mètres au-dessus de la mer, d'une manière presque continue, de Belova à la cote 250 mètres, vers le haut de la Maritza à Belova, sans parler de quelques ondulations secondaires.

A Belova, on se trouve au pied du Balkan. Pour gagner la région des hauts plateaux, on peut suivre deux directions : par Sophia, Nisch et Vranja, ou bien par Samakov, Kustendil et Égri Palanka. Le premier tracé ne dépasse pas la cote de 800 mètres et dessert presque constamment des localités bien cultivées, tandis que le second doit franchir d'immenses solitudes et plusieurs faîtes très-élevés, notamment celui du Devebagherdan, au-dessus d'Égri Palanka, à la cote de 990 mètres, et encore à l'aide d'un tunnel de 2,000 mètres. Arrivé sur les hauts plateaux, d'où partent les sources de la Morava, de l'Ibar, du Vardar, etc., pour passer dans le bassin de l'Adriatique, il faut aborder les crêtes élevées, atteindre des altitudes de 900 et 1,000 mètres sur des distances de 200 ou 300 kilomètres à peine, et arriver

au bord de l'Adriatique à 90 kilomètres du faîte le plus élevé. Ainsi, sur les 1,200 kilomètres que compte la ligne E.-O., on a 600 kilomètres extrêmement faciles, 300 kilomètres de parcours très-difficile et 300 kilomètres qui présentent toutes les difficultés imaginables.

La ligne transversale N.O.-S.E. qui relierait le golfe de Salonique à la Save (990 kilomètres) se présente avec les mêmes caractères que la ligne E.-O. De Salonique au bord de la mer à Mitrovitza on monte jusqu'à la cote de 580 mètres sans la moindre difficulté sur un parcours de 358 kilomètres. De Mitrovitza à Serajevo quel que soit le tracé choisi il faudra toujours franchir plusieurs faîtes dont les deux principaux se trouvent à 900 et 1,200 mètres d'altitude, séparés par des vallées dont le fond marque 500 et 280 mètres, donnant donc des différences d'altitude de 600 mètres et plus sur des distances moindres que 50 kilomètres, se développant le long de flancs de rochers à pic et de crevasses dont la *Via Mala* entre la Suisse et l'Italie peut seule donner une idée.

De Serajevo à la frontière hongroise se présentent deux directions à adopter : l'une vers Novi (jonction sur Agram, Trieste et Vienne) en franchissant plusieurs faîtes, parmi lesquels on en trouve un qui dépasse la cote 1,000 mètres ; l'autre vers Novigead (jonction sur Esseg et Pesth) qui suit la belle et facile vallée de la Bosna. Entre les deux, pas d'hésitation possible pour les temps actuels. En admettant ce dernier tracé, la ligne entière compterait 590 kilomètres de parcours très-facile, et 400 kilomètres de chemin extraordinairement coûteux à établir dans les conditions ordinaires de largeur de voie de pentes et de rayons et précisément dans le défilé de la Bosnie, où les territoires serbes et monténégrins sont les plus rapprochés l'un de l'autre.

La seconde transversale N.-S., ou de Belgrade vers la mer Égée, quoique difficile ne se présente pas avec les conditions de la précédente transversale. Sur les 220 kilomètres de ligne à établir en territoire serbe on aura 150 kilomètres où se trouvent des passages de la Morava, des endiguements, des levées considérables ; plusieurs faîtes à franchir pour éviter les crevasses affreuses que la rivière franchit aux abords d'Alexinatz, etc., toutes conditions assez défavorables pour une ligne dont le trafic ne laisse pas beaucoup à espérer et qui ne coûtera pas moins de 300,000 à 320,000 francs par kilomètre, les 70 autres kilomètres se tenant au coût de 200,000 francs environ.

La troisième transversale qui joindrait la mer Égée au bas Danube est relativement très-facile si l'on en excepte un seul point, le passage du petit Balkan, entre Andrinople et Chumla, et encore le faîte peut-il se franchir à la cote 280 mètres, si l'on veut allonger la ligne de 40 kilomètres, et à la cote 560 mètres si l'on adopte le tracé direct.

État actuel des chemins de fer.

On trouve actuellement en exploitation dans la Turquie d'Europe les lignes suivantes :

A	Tchernavoda à Kustendje.	63 kilomètres.
B	Rustchuk à Varna.	224
C	Constantinople, Andrinople, Belova. . . .	570
D	Firnova (Andrinople), Jamboli.	105
E	Dedeagatch-Kuleli, Bourgas (Andrinople).	111
F	Salonique, Mitrovitza..	358
G	Banjaluka, Novi, Robertin.	102
	Ensemble.	1533 kilomètres.

Quand les récoltes sont bonnes et les circonstances favorables, les lignes B, C, E réalisent environ 7,000 francs par kilomètre et couvrent leurs frais. Les lignes A et F n'atteignent pas 4,000 francs par kilomètre, et enfin la ligne G, isolée de toutes parts, fait à peu près 500 francs de recettes par kilomètre et par an.

Avec un tel trafic il n'était certes pas nécessaire d'adopter les clauses et conditions d'établissement des chemins de fer d'Europe et c'est cependant ce que l'on a fait, au grand détriment des intérêts engagés dans la création de ces lignes.

Mais l'œuvre ébauchée aujourd'hui doit être complétée. Il faut atteindre : 1° le moyen Danube, en joignant Belova et Sofia à Nisch et Belgrade d'une part, Pirot et Viddin de l'autre; 2° la Bosnie, en réunissant d'abord Sofia à Mitrovitza par le massif central, ou bien en suivant le littoral de la mer Égée, depuis Dédéagatch jusqu'à Salonique par Porto Lagos et Cavalla, puis Mitrovitza à Serajevo et à la Save; 3° le bas Danube en complétant la ligne commencée de Jamboli à Chumla; 4° Pristina à Scutari d'Albanie ou Salonique à Avlona sur l'Adriatique.

On ne peut pas se nourrir d'illusions sur le trafic local qui sera pendant de bien longues années extrêmement restreint. Faire des sacrifices en vue du transit international serait une lourde faute. On doit donc viser au plus pressé et choisir entre le système des chemins à voie étroite et tous leurs avantages de flexibilité de parcours ou le système des chemins à voie large, mais avec des rayons inférieurs à 200 mètres et des plans incliné jusqu'à $0^{m}.10$ et plus au besoin.

En dehors de ces deux solutions il n'y en a pas d'autres pratiquement possibles surtout dans l'état actuel des affaires en Turquie.

M. Goschler voulait exposer également quelques données générales sur les chemins de fer construits ou à créer en Turquie d'Asie. L'heure avancée ne lui en laisserait pas le temps; il demandera donc à la Société de lui prêter quelques moments d'attention pour la suite qu'il se propose de donner à sa communication, dans une autre séance; mais il veut profiter de l'occasion présente pour signaler à la Société un détail de l'exploitation du chemin de fer de Smyrne à Aïdin en Asie Mineure, qui lui paraît devoir intéresser ceux de nos collègues qui dirigent la traction sur des lignes à fortes inclinaisons.

La ligne en question a une longueur totale de 130 kilomètres que l'on peut diviser en trois sections au point de vue de la traction, savoir :

a) Section de Smyrne à Ayasoulouk (Éphèse) : inclinaison maxima, 1/70e = 0^m.0143, longueur, 77 kilomètres;

b) Section d'Ayasoulouk-Azizieh-Balatchik : inclinaison maxima, 1/36e = 0^m.028, longueur, 22 kilomètres;

c) Section de Balatchik à Aïdin : inclinaison maxima, 1/67e = 0^m.0145, longeur, 31 kilomètres.

Dans la section *b* le chemin de fer s'élève à partir d'Ayasoulouk dans la vallée du Caystre le long d'une gorge aux pentes abruptes par une rampe continue de 28 millimètres pour un mètre sur 8^k.75, et, après avoir traversé deux tunnels de 230 et 1,100 de longueur, franchit le col à Azizieh, puis descend une pente qui atteint 20 millimètres sur Balatchik après un parcours de 13 kilomètres sur le versant nord du Méandre. Dans ce passage la ligne se déroule en courbes très-nombreuses qui changent brusquement de sens sans alignements droits intercalés, bien que leur rayon descende jusqu'à 241^m.50 en maints endroits.

Chaque train venant soit de Smyrne, soit d'Aïdin, trouve au pied de la rampe une machine de renfort qui le pousse en queue jusqu'au sommet du col à Azizieh. En marchant d'Azizieh vers Balatchik (direction d'Aïdin) le train descend sur la pente de 20 millimètres à l'aide de ses freins ordinaires. Les machines n'ont point d'appareil pour la marche à contre-vapeur.

En sens inverse, le train qui descend d'Azizieh vers Ayasoulouck e Smyrne, sur la pente de 28 millimètres, est muni, à la station d'Azizieh, de patins en fer placés sous un certain nombre de roues (1 essieu enrayé sur 8). Ainsi, sur 24 wagons, 6 essieux portent sur leurs patins. Chaque patin ou sabot se compose d'un morceau de fer d'angle de 0^m,100 de largeur et 0^m,45 de longueur, dont 0^m,35 portent sur le rail et 0^m,10 se relèvent pour recevoir l'attache de la chaîne qui retient le sabot. L'épaisseur du fer est de 0^m,015, et la hauteur du retour d'équerre, qui fait l'office du boudin des roues contre le rail, est de 0^m,030.

Le train garni de ses patins descend la pente en vingt minutes, avec une vitesse moyenne de 20 à 24 kilomètres à l'heure. Si la vitesse devient trop grande on fait usage des freins ordinaires des wagons et du tender. On arrête le train avant d'atteindre les aiguilles de la station d'Ayasoulouk et on refoule pour dégager les patins qu'on suspend au châssis; chaque patin devient hors d'usage après dix voyages, soit après un parcours de 10 × 8^k.75 = 87^k.5. On le répare à la forge en rapportant une nouvelle mise.

Ce moyen d'enrayage est appliqué depuis plus de six années et n'a donné que de bons résultats; il évite le glissement des bandages enrayés par les freins ordinaires et les frais considérables d'entretien qui en sont la conséquence. Quant à la sécurité, elle paraît complétement satisfaisante, le

service du contrôle n'ayant jamais signalé le moindre accident occasionné par ce procédé.

M. le Président remercie M. Goschler de sa communication.

MM. Andelle, Blondin, Bourdelas, Cormier, Helson, Masure, Pompon, Privé et Vergnol ont été admis comme Membres sociétaires et MM. Bischoffsheim et Simon comme membres associés.

Séance du 4 Août 1876.

PRÉSIDENCE DE M. DE DION, *Vice-Président.*

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 21 juillet est adopté.

Il est donné lecture de la lettre suivante adressée par M. le comte Sérurier au nom du Comité central français de l'Exposition internationale et Congrès d'hygiène et de sauvetage à Bruxelles en 1876.

« Monsieur le Président,

« Permettez-moi de vous adresser de nouveau une demande, que nous vous avons envoyée le 20 juin dernier et qui concerne une grande œuvre d'intérêt général, je veux parler de l'Exposition internationale d'hygiène et de sauvetage qui doit être suivie en septembre d'un Congrès également international.

« Ce n'est pas à une réunion d'hommes aussi éclairés que vous l'êtes, Messieurs, que j'ai besoin de faire ressortir l'importance des questions qui doivent être traitées dans les conférences dont il s'agit. Il suffira, j'en suis convaincu, de faire un chaleureux appel à votre dévouement à la science, à la recherche constante de tous les progrès, à l'humanité enfin, pour obtenir votre précieux concours.

« Les membres du Comité central français de propagande pour le Congrès de Bruxelles nous ont chargé, Monsieur le Président, de solliciter votre adhésion, et de faire tous nos efforts pour décider la Société des Ingénieurs civils à nommer plusieurs délégués à cette réunion internationale de savants et de philanthropes.

« Veuillez agréer, etc. »

BUT DU CONGRÈS.

Le but du Congrès est de servir de complément à l'Exposition. Tandis

que l'Exposition offrira aux regards et à l'étude les engins, les appareils, les procédés qui ont été inventés pour préserver la vie humaine ou pour en améliorer les conditions, le Congrès discutera les questions qui se rattachent au progrès de la santé publique, au sauvetage des personnes ou de leurs biens, au développement des institutions qui intéressent principalement les classes ouvrières.

A cet effet, les fondateurs du Congrès font appel à tous les gouvernements, à toutes les administrations, à toutes les associations, à tous les individus qui s'intéressent à ces questions. Ils leur offrent un terrain neutre où pourront s'échanger des informations utiles, se poursuivre des études sérieuses, se produire des efforts propres à dissiper des doutes, à éteindre des préjugés, à dégager la vérité de l'erreur, à préparer la solution de problèmes sociaux qui comptent parmi les plus importants de l'époque.

Le Congrès écarte de ses travaux les débats politiques et religieux. Il ne prend pas de résolutions sur les questions de son programme; il se borne à les élucider et à les discuter.

TRAVAUX DU CONGRÈS.

Le Congrès se réunira à Bruxelles, au palais des Académies (ancien Palais Ducal), du 27 septembre au 4 octobre 1876. Il se divise en trois sections. Les sections peuvent être subdivisées. Les questions de législation sont débattues dans les sections où se traitent les matières du programme qui donnent lieu à ces questions.

Il y a deux séances par jour. L'avant-midi est consacrée aux réunions par section; l'après-midi aux réunions générales de toutes les sections.

Dans les séances de l'après-midi, chaque section, à son tour, offre en discussion des questions qui, rentrant dans son ordre, présentent un caractère d'intérêt général.

Indépendamment des séances des sections réunies, il y a deux assemblées générales du Congrès, l'une d'ouverture, l'autre de clôture. Dans la première, le Comité général du Congrès fait procéder à la nomination du bureau définitif du Congrès et des bureaux de sections; dans la seconde, il est rendu compte des travaux accomplis dans les sections, des faits principaux signalés, des discussions soulevées. Ces communications sont faites soit par les présidents, soit par les rapporteurs nommés à cet effet.

Les sections discutent les questions mises à leur ordre du jour par le Comité général du Congrès. Toutefois, le Congrès étant réuni, d'autres questions peuvent être introduites à la suite de l'ordre du jour, sur l'initiative des membres et d'accord avec les bureaux des sections.

Les discussions s'engagent dans les sections sur des rapports préparés à la requête du Comité d'exécution ou sur des communications faites par des membres du Congrès. Ces rapports ou communications peuvent exposer soit des faits, soit des points de doctrine. Ceux qui les produisent en assu-

ment la responsabilité. Les communications se font sous forme de mémoires ou de discours.

Un rapport, un mémoire, ne peuvent durer plus de 15 minutes.

Aucun mémoire publié ne peut être lu en section.

Les orateurs ont la liberté du choix de la langue pour leurs discours ou communications.

Le Comité général publie les travaux des sections et ceux des assemblées générales, soit en totalité, soit en partie.

Les membres du Congrès qui veulent présenter des mémoires sont priés de faire parvenir au Comité d'exécution, avant le 1er septembre, une note indiquant leur nom, leur qualité, leur adresse, le sujet qu'ils se proposent de traiter et les conclusions de leur travail.

PARTICIPATION AU CONGRÈS.

Les membres du Congrès peuvent seuls participer à ses travaux. Ils se divisent en membres *effectifs* et en membres *adhérents.*

Les membres *effectifs* seuls reçoivent gratuitement les publications du Congrès et une carte d'entrée personnelle à l'Exposition pendant la durée du Congrès.

Les membres *effectifs* et les membres *adhérents* ont droit à une carte d'entrée aux séances du Congrès pour les dames de leur famille demeurant sous leur toit.

Sont membres *effectifs :* 1° tout souscripteur de Cinq actions de la Société anonyme de l'Exposition et du Congrès; 2° tout souscripteur à moins de Cinq actions qui paye une cotisation de 15 francs; 3° toute personne qui paye une cotisation de 25 francs.

Sont membres *adhérents :* 1° tout souscripteur à moins de Cinq actions de la Société anonyme qui ne paye pas de cotisation; 2° toute personne qui paye une cotisation de 15 francs.

Les corporations publiques ou sociétés privées peuvent se faire inscrire comme membres et participer au Congrès par un ou plusieurs délégués selon le chiffre de leur cotisation.

QUESTIONS PROPOSÉES A L'EXAMEN DU CONGRÈS

PREMIÈRE SECTION : **Hygiène.**

Secrétaires : MM. LEDEGANCK et YSEUX, *docteurs en médecine, médecins divisionnaires du service d'hygiène de la ville de Bruxelles.*

Cette section comprend : *a*) l'hygiène et la salubrité publiques; *b*) l'hygiène appliquée à l'industrie: *c*) l'hygiène domestique et privée; *d*) la médecine, la chirurgie, la chimie dans leurs rapports avec l'hygiène.

1. Quels sont les avantages des distributions d'eau et quels sont les

moyens d'en procurer aux centres de populations? Discuter les inconvénients qui résultent de la prise d'eau pour les populations du bassin hydrographique. Préciser le chiffre de la consommation normale par tête d'habitant.

2. Quel est le système le plus pratique pour débarrasser une ville de ses matières fécales et putrescibles et de ses boues? Indiquer les moyens : *a*) d'épurer les eaux d'égout; *b*) d'utiliser les eaux vannes; *c*) d'empêcher l'altération des cours d'eau par les résidus industriels; *d*) de neutraliser les effets nuisibles des fumiers à proximité des habitations.

Déterminer les circonstances qui doivent régler le choix des désinfectants et des antiseptiques.

3. Comment peut-on constater sûrement et facilement la mort réelle? Le permis d'inhumer doit-il être précédé d'une constatation par un homme compétent? Faut-il recommander l'institution des *coroners* anglais?

Quelles sont les mesures qui peuvent concilier les garanties contre l'inhumation précipitée avec le prompt enlèvement des cadavres? Faut-il établir des dépôts mortuaires? Dans l'affirmative, quel est le meilleur mode d'installation, et quelles sont les précautions à prendre pour le transport des morts?

Indiquer les avantages et les inconvénients des inhumations ordinaires et des divers modes de crémation.

4. Quelles sont les causes de l'excessive mortalité des nouveau-nés et des enfants en bas âge, légitimes et illégitimes?

Discuter le service des nourrices dans les grandes villes et l'hygiène propre aux enfants nourris artificiellement; les avantages et les inconvénients de l'emploi des petites voitures; l'utilité des hospices spéciaux dans les stations maritimes pour les enfants scrofuleux et l'opportunité d'établir des écoles spéciales pour les enfants rachitiques.

5. Comment peut-on concilier les intérêts de la liberté avec ceux de la santé publique dans les lois et règlements : *a*) sur les quarantaines et les lazarets; *b*) sur les maladies transmissibles de l'animal à l'homme, telles que la rage, le farcin, la morve, etc.; *c*) sur les mesures prophylactiques contre la propagation des épizooties?

Quelles sont les précautions à prendre dans le transport, l'abatage et l'enfouissement d'un animal atteint de maladie contagieuse? L'incinération du cadavre est-elle recommandée dans ce cas?

Quels sont les moyens de désinfecter les écuries, les étables, les navires, les wagons et les maisons contaminées?

Quelles sont les règles à suivre dans le transport du bétail destiné à l'abatage, afin de pourvoir : *a*) à la sécurité de la voie publique; *b*) à la santé de l'animal.

6. Quels sont les meilleurs systèmes de chauffage et de ventilation des locaux destinés à recevoir un grand nombre de personnes, tels que fabriques, ateliers, salles de spectacle, écoles, crèches, salles d'hôpitaux, etc.?

7. A quelles conditions de salubrité doivent satisfaire : *a*) les hospices, les hôpitaux et les maternités; *b*) les installations provisoires, telles que les hôpitaux temporaires et les ambulances civiles?

8. Rechercher les moyens : *a*) d'uniformiser, dans les différents États, les statistiques de la mortalité pour les diverses professions, en tenant compte des habitudes des ouvriers et des substances qu'ils doivent manier; *b*) d'utiliser, pour la démographie, les données de l'état civil.

9. Influence hygiénique du boisement et des plantations, de la fixation des dunes, du drainage des marais et des terres humides.

Moyens de remédier à l'insalubrité des routoirs, des rizières et des prairies irriguées avec des eaux limoneuses.

DEUXIÈME SECTION : **Sauvetage.**

Secrétaires : MM. A. FEIGNEAUX, *docteur en médecine, ancien secrétaire au Congrès des sciences médicales;* GEELHAND, *secrétaire général de la Société Royale de philanthropie.*

Cette section comprend : *a*) les moyens préventifs, les secours et le sauvetage en cas d'incendie; *b*) les appareils et engins servant sur l'eau et dans l'eau pour diminuer les dangers, prévenir les accidents et porter secours; *c*) les appareils pour prévenir les accidents résultant de la circulation sur les routes, les tramways et les chemins de fer; *d*) l'outillage de secours pour les accidents qui surviennent dans les mines, les carrières et les ateliers; *e*) les secours en temps de guerre.

1. Quels sont les moyens de prévenir ou de neutraliser : 1° les collisions sur terre et sur mer; 2° la combustion spontanée à bord des navires; 3° de diminuer les cas de naufrage et d'abandon?

2. Quelles dispositions convient-il d'ajouter aux codes ou règlements maritimes pour augmenter la sécurité et le bien-être des passagers, surtout en matière d'émigration et de transports militaires?

3. Préciser les abus auxquels donnent lieu les assurances maritimes et les moyens d'y porter remède.

4. Comment pourrait-on diminuer les désastres occasionnés par les marées extraordinaires et les crues subites des cours d'eau?

5. Quels sont les moyens de prévenir les explosions et les coups d'eau dans les mines et d'en conjurer les effets? Indiquer les modes d'éclairage des mines présentant le plus de sécurité.

6. Comment prévenir les éboulements dans les travaux de terrassement? Indiquer les meilleurs moyens de sauvetage en cas d'accidents de cette nature.

7. Comment faut-il organiser les comités de secours avant et pendant la guerre? *a*) part d'intervention et attributions de l'élément civil; *b*) personnel à organiser et matériel à préparer; *c*) mesures à prendre pour éviter les abus signalés lors des dernières guerres; *d*) fédération des comités.

8. Déterminer l'organisation du service médical sur le champ de bataille pendant et après l'action.

9. Faire connaître les meilleurs moyens de transport du lieu de combat : *a*) à l'ambulance volante; *b*) à l'ambulance fixe temporaire; *c*) aux hôpitaux et lazarets.

10. Déterminer le meilleur mode de construction, d'installation et d'aménagement des tentes et des baraques.

11. Quels soins faut-il prendre des cadavres sur les champs de bataille : *a*) moyens d'empêcher la maraude, les rapines et autres abus; *b*) moyens propres à prévenir la putréfaction ou à la ralentir; — inhumation provisoire; *c*) inhumation définitive; *d*) incinération des cadavres; *e*) institution d'une œuvre auxiliaire, la Croix noire.

12. Question des animaux blessés ou errants sur les champs de bataille.

13. Comment faut-il ravitailler les ambulances en temps de guerre; *a*) réquisitions; *b*) transports; — leur gratuité; *c*) droits et obligations des convoyeurs.

14. Organisation des renseignements dans les armées en campagne : *a*) bureau de renseignements; *b*) registres des blessés et des morts; *c*) correspondance avec les familles et avec les prisonniers; *d*) caisses et bureaux de dépôt pour les objets recueillis sur les champs de bataille.

15. Des prisonniers de guerre : *a*) secours; *b*) transport et internements; *c*) rapatriement.

Troisième section : **Économie sociale.**

Secrétaires : MM. J. Stevens, *inspecteur général des prisons*, *et* E. Vanderlinden, *avocat.*

Cette section comprend les institutions ayant pour objet l'amélioration de la condition des classes ouvrières.

1. Déterminer les dispositions que les habitations privées doivent présenter au point de vue de la morale et de l'hygiène. Décrire et examiner l'orientation, les procédés de chauffage, de ventilation, d'éclairage, les moyens d'alimentation d'eaux potables et d'eaux pour les usages domestiques, les systèmes de canalisation pour l'écoulement des eaux ménagères et des déjections.

Rechercher la solution économique de la question précédente appliquée à la construction des maisons ouvrières. Faire connaître les meilleurs types de ces maisons, indiquer les combinaisons les plus favorables pour que l'ouvrier puisse les acquérir; préciser et comparer les résultats obtenus par les sociétés coopératives, les sociétés anonymes et les chefs d'industrie.

2. Dans quelle mesure faut-il introduire l'enseignement de la gymnastique dans les écoles primaires et moyennes de filles et garçons : *a*) dans les villes; *b*) dans les campagnes?

3. Étudier les causes de la dépopulation des campagnes et le moyen d'y remédier. Rechercher la meilleure méthode pour combiner l'enseignement primaire des enfants et des adultes avec l'instruction professionnelle pour les filles et pour les garçons : *a*) dans les campagnes; *b*) dans les villes.

4. Danger de l'abus des boissons alcooliques et moyen d'y remédier. Statistiques relatives à cet objet. Faut-il recourir à des dispositions légales ou réglementaires? Dans l'affirmative, formuler un projet de loi ou de règlement.

5. Examen de la question du travail des femmes et des enfants dans les mines et les manufactures. Y a-t-il nécessité de réglementer les conditions? En cas d'affirmative, formuler un projet de loi.

6. Quelle est l'organisation des bureaux de renseignements pour patrons et ouvriers, maîtres et domestiques, où les uns trouvent les bras, les autres le travail dont ils ont besoin? Quels sont les résultats obtenus par ces institutions et les améliorations que l'on pourrait y introduire?

7. Par quels moyens peut-on développer parmi les classes ouvrières l'esprit de prévoyance et l'habitude de l'épargne? Déterminer le rôle respectif des caisses d'épargne et de retraite, des Sociétés d'assurances sur la vie, des Sociétés de secours mutuels et des Sociétés coopératives. Examiner les résultats obtenus par ces diverses institutions.

8. Quelle est l'organisation des conseils d'arbitrage établis en Angleterre et des chambres syndicales de patrons et d'ouvriers existant en France et en Belgique? Quels résultats ces institutions ont-elles obtenus?

9. Comment faut-il organiser le patronage des condamnés libérés?

QUESTIONS A TRAITER EN CONFÉRENCES.

1. Discuter les conclusions du rapport de la *River Pollution Commission* d'Angleterre en ce qui concerne l'oxygénation des eaux contaminées.

2. Quelles sont les substances que, dans l'intérêt de la santé, on peut substituer aux composés plombiques et aux composés arsénifères dans leurs applications industrielles?

3. Indiquer les moyens propres à prévenir les dangers du pétrole: *a*) dans la conservation en grande masse; *b*) dans les appareils où, comme hydrocarbure, il sert à l'éclairage.

4. Préciser les causes de l'explosion des chaudières et les moyens de les prévenir. A quelle surveillance convient-il de soumettre les chaudières?

5. Dresser le programme des notions médicales indispensables aux diverses professions, pour donner les premiers secours en cas d'accidents. Indiquer les premiers soins à donner : *a*) dans les cas de brûlures aux divers degrés, occasionnées par divers agents; *b*) dans les cas d'asphyxie par causes diverses.

6. Quels sont les moyens de prévenir les dangers de la locomotion par chemin de fer et par tramway? Quels sont les moyens préventifs aux acci-

dents et aux maladies qui menacent les machinistes, chauffeurs, gardes-convois, etc, ?

7. Quels sont les moyens de rendre incombustibles les matériaux employés dans la construction des navires, des édifices et spécialement des théâtres et des magasins à poudre?

8. Préciser les moyens de rendre incombustibles les étoffes et principalement celles qui sont employées pour la confection des décors et des vêtements des pompiers.

9. Discuter les services que la vapeur peut rendre pour l'extinction des incendies.

10. Quels sont les moyens de mettre les populations à l'abri; *a*) des accidents par l'empoisonnement des aliments; *b*) des dangers que leur fait courir l'altération et la sophistication des boissons et des aliments?

11. D'après quelles méthodes doit-on organiser les restaurants et les dortoirs pour ouvriers, en ayant soin d'écarter tout ce qui pourrait les faire ranger parmi les institutions de bienfaisance?

12. Examiner au point de vue industriel, moral et hygiénique l'usage des moteurs appliqués à la petite industrie et aux usages domestiques. Étudier spécialement les avantages et les inconvénients de la machine à coudre.

13. Quelle influence le traitement des animaux exerce-t-il sur leur caractère, sur leur état de santé et sur les services qu'ils peuvent rendre?

Les membres désireux d'assister à ce Congrès trouveront au secrétariat les renseignements qui leur seront utiles, et la Société recevra avec intérêt leur rapport sur cette exposition.

M. Deligny donne communication à la Société de la formation d'une grande Société, sous le titre de : *Union du Commerce et de l'Industrie* pour le développement et l'amélioration des voies de transport.

L'*Union* se propose spécialement de poursuivre : 1° l'achèvement du réseau des chemins de fer; 2° l'achèvement et l'amélioration des canaux et rivières navigables et le développement de la navigation fluviale et maritime; 3° l'abaissement des tarifs.

L'initiative de la formation de l'*Union*, appartient à un groupe nombreux de Sénateurs et de Députés, auxquels se sont joints des Membres du Conseil municipal et de la Chambre de Commerce de Paris. L'*Union* se constitue sous la forme adoptée par la *Société des Agriculteurs*. Elle aura son siége central à Paris, où se tiendront des sessions annuelles et des groupes correspondants dans les départements. Les fondateurs espèrent constituer ainsi un faisceau puissant des intérêts qui disséminés, sont livrés plus que de raison à la bonne ou mauvaise volonté du syndicat des six grandes Compagnies de chemins de fer.

M. Deligny pense que les Ingénieurs trouveront dans l'*Union* un concours

précieux pour l'exécution de tous les projets de voies et d'entreprises de transport qu'ils sont appelés à présenter.

Des exemplaires des Statuts de l'*Union* sont à la disposition des membres de la Société des Ingénieurs civils.

M. le Président remercie M. Deligny des détails qu'il vient de donner, et il n'est pas douteux que bon nombre de nos collègues, que ces questions intéressent vivement, répondront à son appel.

M. Lockert, donne communication d'un système de sonnerie électrique, avertisseur des incendies, par MM. de Gaulne et Mildé.

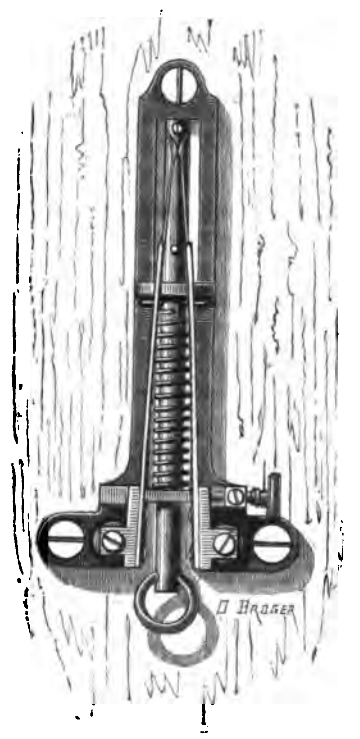
Les moyens mécaniques employés dans le but de découvrir un commencement d'incendie, sont déjà anciens : ils consistaient généralement à faire déclancher, sous l'influence de la chaleur, un rouage qui commandait une forte sonnerie d'alarme. Ces appareils n'ont reçu que de rares applications, et, dans ces derniers temps, les inventeurs se sont exclusivement préoccupés de la recherche de procédés ayant pour base l'emploi de l'électricité.

Il serait trop long d'énumérer les dispositifs nombreux qui ont eu pour principe la fermeture d'un courant électrique, par suite de la dilatation d'une lame ou d'une tige métallique, sous l'influence de l'élévation de température produite dès l'origine du sinistre.

Ces dispositions, bien que supérieures aux précédentes, ont, néanmoins, présenté des inconvénients graves. Comme les appareils n'étaient appelés à fonctionner que dans des circonstances absolument accidentelles, et à des époques excessivement éloignées, leurs surfaces de contact se sont oxydées, de sorte que le courant n'a pas pu passer au moment opportun : c'est ce qui est arrivé, notamment, pour tous les appareils à mercure. Lorsque les contacts ont été fabriqués avec un métal inoxydable, le même effet désastreux a pu se produire, par suite du dépôt de poussières, ou à cause de l'interposition de matières animales, telles que des toiles d'araignées, des excréments de mouches ou d'autres insectes, etc. Il devenait nécessaire de faire subir à ces organes des nettoyages auxquels on ne pensait pas toujours, en raison de leur usage exceptionnel et peu habituel, et qui pouvaient, du reste, être négligés ou mal faits, par le serviteur qui en était chargé.

C'est alors que l'on a songé, sinon à renverser complétement le problème, du moins à changer le fonctionnement des lames de contact, et c'est ainsi qu'un inventeur anglais a imaginé la disposition suivante : le circuit est constamment fermé et fait résonner une sonnerie sourde. Dans chaque pièce, que parcourt le courant, est placée une lame bimétallique disposée de telle façon qu'elle s'éloigne de son contact, sous l'influence d'une certaine élévation de température, de manière à interrompre le passage de l'électricité : la sonnerie sourde s'arrête alors, et, au même instant, retentit une forte sonnerie d'alarme. Cet instrument ne présente pas les mêmes inconvénients que ceux qui l'ont précédé, mais il est sujet à des frais aussi nombreux que coûteux, qui tiennent surtout à l'entretien des piles, dont l'emploi est con-

tinu; et puis il nécessite une installation spéciale de tableaux indicateurs et d'appareils télégraphiques distincts, pour que l'on puisse savoir dans quelle pièce le feu vient de se déclarer.



M. de Gaulne a cherché, dans l'appareil qui est représenté ci-contre, à obvier à tous les inconvénients qui viennent d'être signalés, sans être entraîné, pourtant, à des dépenses notables d'installation. Son dispositif remplace le bouton de la sonnerie électrique ordinaire, de telle sorte qu'il peut servir, tout d'abord, aux usages journaliers, pour les portes d'entrée, l'appel du service, etc. Dans ce cas, le courant passe par le fait de l'action exercée par la personne qui se sert de la sonnette; mais, lors d'un commencement d'incendie, le circuit se ferme automatiquement.

Une platine en métal, qui se fixe au mur ou à la boiserie, dans la région du plafond, au moyen de trois vis, reçoit les fils électriques en dessous, à la base de deux colonnes métalliques, placées à la partie inférieure de l'appareil, et auxquelles les lames sensibles sont fixées par une de leurs extrémités, de façon à s'élever dans un plan vertical, en formant un angle très-aigu. Elles sont prolongées jusqu'au sommet, seulement par la feuille d'acier qui les recouvre en dedans de l'angle; à l'extérieur est placé le métal le plus dilatable, de sorte que, par l'effet de la chaleur, les lames se recourbent en dedans, ce qui établit le contact au sommet de l'angle.

Dans l'axe vertical de la platine, et derrière les lames, peut glisser verticalement une tige guidée, terminée à sa partie inférieure par un anneau, et à son extrémité supérieure par un index métallique disposé de façon à venir, lorsque la tige s'abaisse, frotter entre les deux surfaces de contact qui forment le sommet de l'angle. Ce mouvement de haut en bas est obtenu en tirant un cordon attaché à l'anneau et qui pend le long du mur, à la façon de tous les cordons de sonnette. Un ressort à boudin fait remonter la tige et l'index dès que l'action a cessé. L'appareil est alors dans sa position de repos normal, les lames et l'index étant séparés, de sorte que le courant électrique qui s'est répandu dans la lame de droite et dans la platine reste forcément prisonnier, ne pouvant s'échapper que par la lame de gauche, laquelle est isolée de la platine au moyen d'un manchon d'ébonite, qui entoure la colonne à laquelle elle est fixée.

L'appareil peut sortir de cette position de repos normal de deux façons :

1° Par l'action de la chaleur qui, recourbant les lames, établit automatiquement leur contact au sommet de l'angle, de façon à livrer passage au courant, pour faire résonner la sonnerie, et cela, tant que le contact dure, c'est-à-dire tant que la source de calorique n'a pas disparu.

2° Par le fait du cordon, ce qui fait passer le courant à cause de l'interposition forcée de l'index. Cette action quasi-brutale ne peut, en aucune façon, altérer la sensibilité des lames tri-métalliques, par suite de la précaution qu'a prise l'inventeur de les munir d'un prolongement très-flexible, en acier.

Tout le système est établi avec une solidité telle que les tractions les plus énergiques, exercées sur le cordon, pourraient, tout-au-plus, arracher l'appareil, mais jamais, en aucun cas, ne pourraient en altérer la sensibilité.

Cette dernière qualité est rendue variable pour un même instrument, au moyen d'une vis dont la tête filetée est placée sur la droite, et en dehors de l'enveloppe protectrice; elle peut faire varier la distance, au sommet de l'angle, en rapprochant ou éloignant les lames au sommet : la lame de droite seule est variable de position, suivant un mouvement angulaire autour de la colonne de droite. Une aiguille, fixée à la tête de cette vis, parcourt un cadran tracé sur la face latérale du capuchon, et gradué par comparaison thermométrique : on n'a plus qu'à arrêter l'aiguille sur la division correspondante à la température à laquelle on veut que l'appel automatique se produise.

Tel qu'il vient d'être décrit, cet appareil nous semble répondre à tous les besoins et à toutes les objections. Sa principale qualité consiste dans le contrôle constant auquel il est soumis par suite de l'usage journalier : du moment que le courant passe, et fait marcher la sonnerie pour indiquer la pièce où l'on appelle un domestique, on peut être sûr que l'appareil est en bon état, et qu'il fonctionnera de même en cas de sinistre, en appelant immédiatement, et en indiquant la pièce où s'est déclaré celui-ci. De plus, le frottement constant de l'index supérieur, au sommet de l'angle, assure la propreté et la netteté des surfaces.

Le dispositif de M. de Gaulne, avec lequel s'est associé M. Mildé, constructeur d'appareils électriques, est susceptible de rendre des services sérieux, en étant placé comme témoin dans les séchoirs et les étuves qui doivent être maintenus à une température constante. On serait ainsi averti lorsque la température nécessaire est dépassée, de façon à y remédier immédiatement. Cette faculté constituerait, pour certaines industries, une notable économie, en même temps qu'elle contribuerait, dans bien des cas, à assurer la perfection des résultats obtenus.

M. Fouret à propos de la question qui vient d'être traitée par M. Lockert, appelle l'attention de la Société sur l'intérêt qu'il pourrait y avoir tant pour les assurés que pour les Compagnies d'assurances à développer et à perfectionner les moyens de prévenir et de combattre les incendies.

Il signale les progrès réalisés tout récemment dans cette voie aux États-Unis[1].

M. Lockert dit qu'en Angleterre les appareils avertisseurs sont mis en communication avec les postes des pompiers, qui sont ainsi prévenus dès que l'incendie se déclare.

M. Arson accorde à l'appareil le mérite d'être constamment en service, par le fait qu'il sert pour tous les appels ordinaires de la maison. Mais il se demande comment cet appareil, même répandu à profusion, indiquera l'incandescence de rideaux, meubles, etc., qui seraient dans la chambre même où il est installé, et à plus forte raison l'incendie qui aurait lieu dans une pièce voisine ou à un étage différent. Un courant d'air, un mur, un objet quelconque peut soustraire momentanément l'appareil à l'action de la chaleur et ne lui permettre de fonctionner que trop tard pour être efficace.

M. Lockert répond à son éminent collègue, que l'appareil ne se charge d'avertir que pour la pièce dans laquelle il est placé : en admettant un service de sonneries électriques bien installé, on aura un appareil dans chaque pièce, et toutes leurs indications seront reçues par un tableau placé dans l'antichambre, à l'office ou dans la loge du concierge. Ceci posé, M. Lockert explique et démontre que l'appareil est aussi sensible qu'on le désire, et qu'on peut le régler pour fonctionner sous l'influence d'un excédant de 5° seulement en plus d'une température fixée. En le plaçant dans toutes les chambres et à la partie supérieure, il est difficile que le feu, se déclarant en un point quelconque de la chambre, n'élève pas assez la température de l'air pour qu'en très-peu d'instants cet air échauffé qui monte naturellement ne mette l'appareil en mouvement. L'expérience est faite dans la salle en approchant l'avertisseur de la lumière du gaz, et même en l'échauffant avec l'haleine, et l'avertissement se produit en quelques secondes. Ce qui fait la supériorité de cet indicateur, c'est que, précisément, il n'a pas besoin d'être en contact direct avec la cause d'incendie pour fonctionner, et qu'il est affecté à distance.

M. le Président remercie M. Lockert de sa communication, et donne la parole à M. Marché pour la suite de la communication sur la déformation permanente des fers et aciers.

M. Marché analyse la partie de son mémoire relative à la flexion.

La théorie connue de la flexion plane des pièces prismatiques fournit les relations qui existent entre les déformations élastiques et les charges qui les produisent. Ces formules ne sont applicables que pendant la période d'élasticité parfaite, les hypothèses sur lesquelles elles sont basées cessant d'être admissibles lorsque la limite d'élasticité est dépassée et que des déformations permanentes se manifestent.

Cependant, l'examen des résultats des expériences de flexion prolongée

1. Voir sur ce sujet une étude intéressante de M. Aimé Jay, *Journal des Actuaires français*, t. V, p. 117 (avril 1876).

au delà de la limite d'élasticité montre que les flèches permanentes observées varient avec la forme des pièces, les pressions exercées et la nature de l'acier suivant une loi qu'il paraît être possible de formuler.

Si on considère d'abord, comme dans la théorie de la flexion élastique, le cas d'une pièce prismatique encastrée à une extrémité et chargée à l'autre d'un poids P, il y aura flexion élastique tant que la section la plus fatiguée, celle de l'encastrement, ne supportera pas dans sa fibre extrême un effort supérieur à la limite d'élasticité.

Si L est la limite d'élasticité, I le moment d'inertie de la section, v' la distance de la fibre la plus fatiguée au centre de gravité et l la longueur de la pièce, on aura, au moment où la limite d'élasticité est atteinte, la relation :

$$\frac{LI}{v'} = N \cdot l;$$

d'où

$$N = \frac{v' l}{LI},$$

c'est la valeur de la charge P au-dessous de laquelle il y a flexion élastique et au-dessus de laquelle se produiront les déformations permanentes.

Il convient de remarquer ici que la valeur de L, limite d'élasticité à la flexion, est toujours supérieure à celles trouvées à la traction et à la compression, dans les essais faits sur des échantillons de même provenance.

Ainsi on a trouvé dans les expériences déjà citées sur les aciers de Ternitz :

DÉSIGNATION.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ.			RAPPORT de la limite d'élasticité à la flexion, à la limite à la traction
	TRACTION.	COMPRESSION.	FLEXION.	
Acier à 0.14 de carbone..	k. 29.50	27.75	37.50	1.27
— 0.19 —	33.10	30.25	41.70	1.26
— 0.51 —	34.05	32.50	41.70	1.22
— 0.66 —	37.45	37.75	43.80	1.17
— 0.80 —	40.05	44.40	47.25	1.18
— 0.96 —	48.70	50.00	69.50	1.42

En groupant les expériences de Kirkaldy sur divers échantillons d'aciers Bessemer pour rails, bandages et essieux, on a les moyennes suivantes :

LIMITE D'ÉLASTICITÉ.		RAPPORT.
TRACTION.	FLEXION.	
28.34	44.80	1.57
29.63	45.33	1.53
34.88	55.38	1.59
34.71	54.78	1.58
45.70	67.60	1.46

La limite à la flexion est donc supérieure de 25 à 50 pour 100 à celle déterminée par les essais à la traction. Cette différence s'explique aisément par ce fait que les fibres d'une pièce fléchie sont soumises à des efforts différents et croissant à mesure qu'on s'éloigne de la fibre neutre, de telle sorte que lorsque les fibres extrêmes supportent un effort excédant la limite d'élasticité, les fibres voisines moins chargées tendent à reprendre leur longueur primitive et exercent ainsi une action qui recule le moment où la fibre extrême pourra subir un allongement ou un raccourcissement permanent.

La forme de la section influe sur ce phénomène; la limite est beaucoup plus reculée dans les essais de Kirkaldy, faits sur des barres de section carrée, que dans ceux de M. Bauschinger, faits sur des barres de section rectangulaire. Dans les rails, le rapport des limites à la flexion et à la traction varie de 1.15 à 1.20.

Que se passera-t-il lorsque la pièce encastrée considérée sera soumise à l'action d'une charge P plus grande que la charge N, correspondant à la limite d'élasticité dans la section d'encastrement?

La section dans laquelle l'effort sur la fibre la plus fatiguée sera égal à la limite d'élasticité sera une section située à une distance a de l'extrémité, telle que

$$P \cdot a = N \cdot l.$$

Toute la partie de la pièce comprise entre cette section et l'extrémité sera soumise à des efforts qui n'amèneront pas de déformation permanente, et quand la charge cessera d'agir, cette partie de la pièce reprendra sa forme prismatique.

Mais dans la partie comprise entre la section d'encastrement et la section considérée, sur une longueur $l - a$, il y aura flexion permanente.

M. Marché démontre que la courbure permanente ainsi produite peut être considérée comme semblable à la courbure élastique que produirait, sur cette partie de la pièce, une charge telle que l'effort sur la fibre la plus fatiguée, dans une section donnée, fût égal à R — L et le coefficient d'élasticité égal, non à E, mais à D, coefficient de déformation permanente, rapport des charges R — L aux allongements et aux raccourcissements produits.

C'est-à-dire qu'à la relation $\frac{EI}{f} = \mu$, il faut substituer la relation :

$$\frac{DI}{f} = \mu - P \cdot a.$$

Ceci pose, on peut admettre, pour déterminer la courbure de la fibre neutre, les inclinaisons des tangentes et les flèches, toutes les hypothèses de la théorie de la flexion élastique.

On peut alors poser :

$$DI\, f''(x) = \mu - P \cdot a. \tag{1}$$

Pour une section située à la distance x de l'encastrement, on a :

$$DI\,f''(x) = P\,(l - x) - P\,.\,a. \qquad (2)$$

En intégrant deux fois cette expression, on trouve comme équation de la courbe, depuis la section d'encastrement jusqu'à la section correspondant à $x = l - a$:

$$DI\,f(x) = \frac{P\,(l-a)\,.\,x^2}{2} - \frac{P\,.\,x^3}{6}, \qquad (3)$$

et si on fait $x = l - a$, on a pour $f(x)$ la valeur de la flèche f' correspondant à l'extrémité de la partie infléchie de la pièce, soit :

$$DI\,f' = \frac{P\,.\,(l-a)^3}{3}. \qquad (4)$$

Pour avoir la flèche totale f, il faut ajouter à f' la valeur f'' résultant de l'inclinaison de la partie non déformée de la pièce, et dont l'axe est dirigé suivant la tangente à la courbe au point où cesse la courbure. L'angle θ que fait cette tangente avec l'horizontale étant très-petit, on peut admettre $f'' = a \operatorname{tg} \theta$, ce qui donne :

$$DI\,f'' = \frac{a\,.\,P\,(l-a)^2}{2}; \qquad (5)$$

d'où enfin

$$f = f' + f'' = \frac{P\,(l-a)^2\,(2l+a)}{6\,DI}. \qquad (6)$$

On a vu que $P\,.\,a = N\,l$, d'où $a = \frac{N}{P}\,.\,l$.

Si on désigne par α le rapport $\frac{N}{P}$, de la charge correspondant à la limite d'élasticité à la charge considérée, et qu'on substitue à a la valeur $\alpha\,.\,l$, on mettra la valeur de la flèche sous la forme :

$$f = \frac{P\,.\,l^3}{6DI}\,.\,(1-\alpha)^2\,(2+\alpha). \qquad (7)$$

En représentant par m le coefficient $(1-\alpha)^2\,(2+\alpha)$, et en remplaçant P par sa valeur $\frac{N}{\alpha}$,

on a :

$$f = \frac{N\,.\,l^3}{6D.I}\cdot\frac{m}{\alpha}. \qquad (8)$$

Dans le cas d'une pièce reposant sur deux points d'appui espacés de $2\,l$ et chargée en son milieu, on trouverait de même :

$$f = \frac{N\,.\,l^3}{12\,.\,DI}\cdot\frac{m}{\alpha}. \qquad (9)$$

Les flèches permanentes sont donc proportionnelles au cube de la portée, inversement proportionnelles au moment d'inertie et au coefficient de défor-

mation permanente D, et elles varient avec la charge et la limite d'élasticité suivant une loi complexe, mais dont on peut simplifier l'application :

Le rapport α varie depuis $\alpha = 1$, correspondant au commencement de la flexion permanente, et diminue à mesure que la charge augmente; pratiquement, il ne descend pas au-dessous de 0.40, soit que la rupture se produise, soit que la déformation régulière ait cessé. On peut dresser une petite table donnant pour des valeurs de α, variant de centièmes en centièmes, de 0.99 à 0.40, les valeurs correspondantes de m et de $\frac{m}{\alpha}$, et rien ne sera plus facile alors que de calculer les flèches permanentes pour des pièces données ou, connaissant ces flèches, de déterminer les valeurs de la charge N correspondant à la limite d'élasticité et du coefficient D de déformation régulière.

M. Marché a pu s'assurer de l'exactitude de ces formules en les appliquant à un grand nombre d'essais de flexion faits sur des rails d'acier de diverses provenances.

Les différences de qualité et de nature du métal se manifestent par les différences de valeur de la charge de limite d'élasticité N et du coefficient D.

Ce coefficient D varie de 200×10^6, correspondant aux aciers les plus doux, à 600×10^6 correspondant aux aciers les plus durs, ceci concernant les aciers pour rails.

Les exemples cités montrent que la période de déformation régulière caractérisée par la constance du coefficient D, et pendant laquelle les formules précédentes sont applicables, est plus longue que dans les essais de traction.

On poursuit rarement les essais à la pression jusqu'à la rupture, parce qu'il faut exercer des efforts considérables. D'ailleurs, la rupture est accompagnée de phénomènes de striction dans la partie allongée, et de gonflements dans celle qui est comprimée, qui modifient la forme des sections et produisent des torsions qui rendent difficiles les évaluations précises.

Mais il convient de faire remarquer que l'effort de rupture, calculé en appliquant la formule $\frac{RI}{v'} = \mu$, est toujours supérieur de 50 à 75 pour 100 à celui déterminé dans les essais à la traction; il se rapproche de la charge de rupture par $^{m}/_{m}{}^{2}$ de section de rupture. Il lui serait d'ailleurs toujours égal si la forme de la section rompue ne se modifiait pas.

En tous cas, il est intéressant, au point de vue du calcul des pièces qui doivent travailler par flexion, de constater combien la sécurité est grande si on en calcule les dimensions, comme il est d'usage, en donnant à R la valeur trouvée à la traction.

Des aciers donnant, par exemple, une résistance à la traction de 50 à 60 kilogr. ne se rompent à la flexion que sous l'action d'une charge qui correspondrait dans la valeur $R = \frac{v'\mu}{I}$ à R = de 90 à 100 kilogr.

M. Marché aborde ensuite la question des essais au choc.

Les essais au choc, par flexion, sont très-fréquemment employés pour les rails, les bandages et les essieux.

Ces essais sont, en effet, faciles et rapides; ils permettent d'exercer des efforts considérables et de produire en conséquence des déformations permanentes sensibles; ils sont comparatifs quand on se sert des mêmes appareils, mais sont-ils assez précis pour guider dans les appréciations sur la nature du métal, surtout quand il s'agit de comparer des résultats obtenus avec des appareils différents?

Pour relier les résultats d'essais au choc à ceux plus longs à obtenir mais plus précis de la flexion par pression, il faut d'abord se rendre compte des conditions spéciales résultant de l'appareil au choc employé.

En général, on fait tomber un mouton d'un poids P d'une hauteur *h* sur une pièce reposant sur deux points d'appui. Ces points d'appui font partie d'une enclume dont la masse et le poids sont variables et qui repose sur le sol par l'intermédiaire d'une charpente ou d'une maçonnerie plus ou moins élastique.

Le travail P . *h* développé par la chute du mouton se décompose ainsi :

Une partie en est absorbée par l'élasticité du sol et de l'enclume, la résistance de l'air, les vibrations de la pièce, etc., ce travail perdu est proportionnellement considérable, et il est différent d'un appareil à l'autre.

Avec l'appareil type prescrit par les Compagnies de chemin de fer, enclume de 10.000 kilogr., il atteint 50 à 60 pour 100 du travail total. Avec certains appareils, 15 ou 20 pour 100 seulement du travail P . *h* est transmis à la pièce essayée.

Pour apprécier les résultats d'essais au choc, il faut donc évaluer cette quantité de travail perdu et non employé à la déformation de la pièce expérimentée.

On peut faire cette évaluation en essayant des pièces semblables avec l'appareil donné et avec un appareil type; mais le mieux est de comparer les flèches constatées à celles obtenues par pression sur une autre partie de la pièce essayée.

Quant au travail réellement transmis à la pièce, une partie est employée à produire la flexion élastique; ce travail est rendu quand la flèche élastique disparaît. Le reste, enfin, a pour effet de produire la déformation permanente de la pièce, et on peut formuler une relation entre la valeur de ce travail et les flèches permanentes produites en se servant des relations précédemment établies.

Voici, par exemple, ce que donne, comme emploi du travail produit par la chute d'un mouton de 310 kilogr., tombant d'une hauteur croissante sur un rail d'acier de 32 kilogr., la moyenne de plusieurs essais :

HAUTEUR de chute.	TRAVAIL total produit.	TRAVAIL de la déformation permanente[1]	TRAVAIL de déformation élastique [1].	TRAVAIL perdu.	RAPPORT du travail perdu au travail total.	FLÈCHES permanentes.
m.	km.	km.	km.	km.		millim.
1.00	310	73	60	177	0.57	3.1
1.50	465	180	76	209	0.45	10.0
2.00	620	287	101	232	0.54	19.8
2.50	775	389	127	259	0.33	31.8
3.00	930	432	148	350	0.38	44.1

1. Calculé d'après les essais par pression.

On trouvera, dans le Mémoire *in extenso*, un examen comparatif d'un grand nombre d'essais au choc sur des rails, des essieux et des bandages de diverses provenances.

Toutes les données, étudiées successivement dans ce Mémoire, résistance, allongements, striction, limite d'élasticité, coefficients de déformation régulière permanente, etc., concourent à caractériser les aciers commerciaux; mais il faut remarquer que les trois quantités principales à fixer pour donner une définition complète d'un acier sont la limite d'élasticité, le coefficient de déformation permanente et la résistance finale à la rupture par millimètre carré de section rompue. Les autres valeurs se déduisent de ces trois quantités, dont elles sont fonction.

Si on prend pour terme de comparaison le fer chimiquement pur (essais de Kirkaldy et de Knut Styffe sur les fers de Suède), dont la limite d'élasticité est de 15 à 16 kilogr., la résistance par $^m/_m{}^2$ de section rompue 130 à 140 kilogr. et le coefficient de déformation D de 200.10^6, on voit que la présence des éléments autres que le fer modifie ces trois données.

On connaît bien l'action du carbone, qui éloigne la limite d'élasticité, augmente le coefficient D et diminue la résistance finale F, dans des proportions connues suivant la teneur du carbone; il reste à rechercher quelle est, dans les mêmes conditions, l'action du phosphore, du manganèse, du silicium, etc.; on ne possède encore que quelques indications à ce point de vue, et on ne peut que se borner à appeler l'attention des expérimentateurs sur la nécessité de nouvelles études dans cette voie.

M. Marché, en terminant, dit qu'il espère que les données recueillies dans sa note permettront de rapprocher, de comparer ou d'identifier les diverses définitions des aciers exigés par les Compagnies de chemins de fer pour les rails, les bandages et les essieux, et qui sont faites dans les cahiers des charges sous des formes différentes. Il ajoute qu'en établissant ces rapprochements on constate que la nature et les propriétés des aciers demandés pour la fabrication de pièces semblables sont loin d'être les mêmes. Tel acier exigé pour les bandages d'une Compagnie sera refusé par une autre comme trop dur, et par une troisième comme trop doux.

Il y a là une situation souvent difficile pour les producteurs et un obstacle

à l'abaissement des prix et à la régularité des fournitures. Cependant les conditions d'emploi des pièces similaires sont à peu près les mêmes sur tout notre réseau; on est sorti de la période des essais, et il serait peut-être utile et opportun de se mettre d'accord, après une discussion complète, pour fixer les limites extrêmes de dureté qu'il convient d'exiger des aciers pour les rails, les bandages et les essieux.

M. le Président remercie M. Marché de son intéressante communication.

M. Arson fait connaître à la Société la création récente dans la Compagnie parisienne du gaz, d'une caisse d'économie à l'usage exclusif de son personnel.

Il rappelle qu'il existe déjà une caisse de prévoyance dont le but est d'assurer à tous les membres du personnel, ouvriers et employés, les soins médicaux qui peuvent leur être utiles, et le secours d'une allocation égale à la moitié de leur rémunération pendant le cours de leur maladie.

La création nouvelle, toujours réservée exclusivement au personnel de la Compagnie, a pour objet d'ouvrir aux ouvriers et employés une caisse d'économie semblable en tout à la Caisse d'épargne.

Les avantages spéciaux qui caractérisent cette fondation sont de deux natures : d'abord elle évite les pertes de temps que nécessitent les versements ou retraits aux caisses d'épargne; ensuite, elle assure aux déposants un intérêt de 5 pour 100, et lorsque le capital atteint 500 francs, son déplacement gratuit et sa conversion en un quelconque des titres suivants, au gré de la partie intéressée :

Obligations de la Compagnie parisienne;

Obligations des chemins de fer;

Rentes sur l'État.

Le personnel de la Compagnie parisienne a fait à cette organisation, qu'il doit à la haute bienveillance de son comité d'administration, l'accueil le plus empressé et le plus reconnaissant.

MÉMOIRE

SUR LA

FABRICATION DE L'ACIDE STÉARIQUE

ET DU SAVON EN RUSSIE.

PAR M. N. SERGUEEFF.

Les modes de fabrication de l'acide stéarique dans les différents pays, dépendent des conditions du marché, des débouchés et du choix des matières premières.

Parmi un grand nombre de procédés, quelques-uns essayés et abandonnés, il n'est resté dans la pratique que les suivants :

I. Saponification calcaire à air libre;
II. Saponification calcaire à haute pression;
III. Saponification aqueuse à haute pression;
IV. Saponification sulfurique.

Nous passerons rapidement en revue ces quatre procédés, les conditions dans lesquelles ils sont employés, les inconvénients et les avantages qui en résultent.

SAPONIFICATION CALCAIRE A AIR LIBRE.

C'est le procédé le plus ancien et le plus simple, il consiste : à saponifier les matières grasses avec 14 pour 100 de leur poids de chaux, de former un savon calcaire et de le décomposer par l'acide sulfurique.

La matière grasse, comme on sait, est un sel dont les acides sont : l'acide stéarique, margarique et oléique, et dont la base est la glycérine.

En introduisant un lait de chaux dans la matière grasse fondue, il se forme un sel calcaire composé de stéarate, margarate, oléate de chaux

et la glycérine hydratée devient libre et se dissout dans l'eau. Si on traite maintenant le savon calcaire par l'acide sulfurique, on met les acides gras en liberté, en formant du sulfate de chaux.

Ce procédé, si séduisant par sa simplicité, a dû être abandonné par suite des inconvénients suivants : la grande quantité de chaux nécessite une quantité proportionnelle d'acide sulfurique, le résidu, le sulfate de chaux entraîne toujours avec lui une proportion notable de graisse. Ce procédé qui donne un rendement faible d'acide stéarique, 48 pour 100, exige l'emploi de matières de très-bonne qualité.

Parmi ses avantages, on peut ranger la simplicité, la production d'acide stéarique très-dur et de l'acide oléique sans odeur marquée.

SAPONIFICATION CALCAIRE A HAUTE PRESSION.

M. de Milly, après de nombreux essais, est parvenu à réduire la proportion de chaux de 14 pour 100 à 3 pour 100. L'opération se fait dans une chaudière verticale apppelée *Autoclave*, en cuivre, de 15 millimètres d'épaisseur; la réaction est facilitée par une élévation de température à 172° correspondant à 8 atmosphères ; on réduit dans la même proportion que la chaux l'acide sulfurique.

On traite en trois reprises 7 000 kilogrammes de suif en 24 heures. La saturation de la chaux par l'acide sulfurique se fait dans une cuve à part. Ce procédé est appelé à un grand avenir; car en supprimant les inconvénients de la saponification calcaire, il en conserve les avantages. Rendement : 48 pour 100 d'acide stéarique.

SAPONIFICATION AQUEUSE A HAUTE PRESSION.

L'appareil se compose d'une chaudière horizontale en cuivre rouge timbrée à 15 atmosphères et terminée par 2 calottes sphériques; sa contenance est de 4 mètres cubes. On charge :

1° 1 800 kilogrammes de suif;
2° 200 kilogrammes d'huile de palme;
3° 1 000 kilogrammes d'eau.

On maintient le mélange pendant dix heures à la pression de 12 atmosphères, on juge de la marche de l'opération par des échantillons. Quand la décomposition est complète, on vide la chaudière; les acides

gras sont moulés et la glycérine en dissolution dans l'eau est concentrée.

Ce procédé n'a été employé, à ma connaissance, que dans les quatre usines suivantes : chez M. Besson, à Asnières; M. Peiret et fils, à Elbeuf; M. Castaignes à Bordeaux, et enfin chez M. Renner, l'inventeur, à Clichy. Le rendement accusé par M. Renner est :

Acide concret. . .	Stéarique. . . Margarique. . Palmitique. .	45
Acide oléique.		49,5
Glycérine hydratée..		08
		102,5

L'augmentation de 2,5 est due à l'eau prise par la glycérine, ce rendement est faible en acide concret. Ce procédé peut être utilement employé dans un pays où le prix de l'acide sulfurique est très-élevé. M. Renner a eu l'occasion de l'appliquer à Montévideo, où il a dû faire venir de l'acide sulfurique de France. Ces trois procédés qui exigent l'emploi de matières premières de très-bonne qualité, n'offrent pas les avantages de celui que je veux vous décrire, et connu sous le nom de saponification sulfurique.

SAPONIFICATION SULFURIQUE.

Dans les pays où l'huile de palme est bon marché, et où les graisses de qualité inférieure sont abondantes, comme dans les centres très-populeux, il est rationnel d'avoir recours à la saponification sulfurique.

En Russie, où ces deux matières font défaut, on n'aurait pas dû l'adopter, et cependant il est le seul usité. Il eût été plus logique de se servir de la saponification à haute pression. La saponification acide est très-employée en France; plusieurs fabricants y ont pourtant renoncé parce que les produits obtenus sont moins beaux que ceux donnés par la saponification calcaire; en effet, l'acide stéarique de distillation est coté 7 francs par 100 kilogrammmes au-dessous de l'acide saponifié, et l'acide oléique 15 francs.

Dans ces derniers temps on a combiné avec avantage le procédé de saponification calcaire à haute pression avec celui de distillation. On

réduit par ce procédé la proportion de goudron, on rend plus facile la conduite de la distillation et on augmente le rendement en acide gras, mais la qualité des produits est la même que celle obtenue par la distillation seule.

Je décris en détail la saponification sulfurique, que j'ai eu l'occasion d'employer en Russie.

La matière grasse est fondue dans une cuve et débarrassée par un premier lavage à l'eau acidulée des impuretés qu'elle contient, puis décantée pour subir l'acidification. Cette opération se fait en mélangeant à la graisse 4 pour 100 d'acide sulfurique à 66° Baumé. La matière grasse, exempte d'eau, est arrosée par un mince filet d'acide sulfurique. La décomposition doit être conduite lentement, afin d'éviter la formation du goudron, et pour empêcher l'élévation de la température due à la réaction chimique, on agite le mélange par un fort courant d'air; l'opération dure de 4 à 5 heures, il se dégage de la cuve de l'acide sulfureux, de l'acroléine, des carbures d'hydrogène et des gaz empyreumatiques. La décomposition est complète lorsque les échantillons présentent à leurs cassures un aspect légèrement cristallin.

L'acide sulfurique forme avec la matière grasse les acides suivants : sulfo-stéarique, sulfo-margarique, sulfo-oléique et sulfo-glycérique. Ces sulfo-acides sont décomposables par l'eau bouillante; donc en soumettant la masse à plusieurs lavages d'eau bouillante, on obtiendra les acides gras qui surnageront, et la glycérine dissoute dans les eaux acides est éliminée. Les acides gras ainsi obtenus sont complétement noirs et sont soumis à la distillation.

DISTILLATION.

La distillation se fait en Russie dans de grands vases en cuivre rouge, chauffés à feu nu et à la vapeur surchauffée; avant d'introduire les acides gras, on les débarrasse de l'eau interposée, en les faisant traverser, pendant plusieurs heures, par un courant de vapeur surchauffée.

La distillation s'opère à 250°; les produits distillés se condensent dans une série de tuyaux et serpentins en cuivre, le ballon de distillation contient 1 600 à 1 800 kilogrammes de matières, l'opération dure douze heures et fournit par 100 kilogrammes :

Acide gras (amorphe).	75
Acide gras cristallisé (palmitique). . . .	13
Acide gras inférieur.	5
Goudron.	5
Perte.	2
Total.	100

En France les appareils de distillation sont bien plus simples; on n'a pas déployé ce luxe de cuivre qui rend les appareils fort coûteux : le ballon est en fonte, et le serpentin de condensation en plomb.

On sépare, en Russie, au moment de la distillation, l'acide gras cristallisé de l'acide amorphe; le premier se distille vers le milieu de l'opération; on reconnaît sa présence à la structure cristalline des échantillons. En France, où la bougie dite de palme n'a pas cours dans le commerce, on ne fait pas cette séparation, et l'acide cristallisé passe en partie dans l'acide oléique et en partie dans l'acide stéarique. Les acides gras inférieurs possèdent une couleur verdâtre ou rougeâtre et ne doivent pas être livrés aux presses, mais faire retour dans la cuve où se traite la matière première.

Le goudron s'emploie en Russie à faire du gaz d'éclairage, on le vend en raison de 26 francs les 100 kilogrammes; il fournit un gaz très-riche.

La distillation est d'une conduite difficile, les accidents peuvent arriver et amener des explosions par la trop brusque introduction de la matière à distiller dans la cornue; surtout lorsque les acides gras ne sont pas complétement dépourvus d'eau.

Les goudrons, au moment de la vidange, s'enflamment fréquemment; il est bon de séparer l'atelier de distillation du reste de la fabrique et qu'il se trouve sous la main de l'ouvrier du sable en assez grande quantité pour éteindre les feux de groudron et d'acides gras.

La grande fabrique de Newsky, à Pétersbourg, a brûlé de fond en comble il y quelques années par suite de l'explosion d'une cornue.

L'acide gras obtenu par la distillation est un composé des acides concrets (acides stéarique et margarique), et de l'acide liquide (acide oléique).

En soumettant les acides gras à une vigoureuse pression, on séparera mécaniquement le liquide du solide; mais l'expérience nous a appris que, quelle que soit la pression hydraulique à froid, les acides

concrets n'abandonnent jamais la totalité de l'acide oléique ; il faut avoir recours aux presses chauffées à la vapeur. Les acides gras, avant la pression, sont soumis à un lavage à eau acidulée et à eau pure, puis moulés en pains de 6 à 7 kilogrammes d'une épaisseur bien régulière.

Le moulage s'exécute dans un endroit où la température, hiver comme été, est sensiblement la même. Les moules employés sont en tôle emboutie et émaillée ou en tôle rivée et étamée ; les premiers sont supérieurs comme prix aux seconds, mais rendent aussi plus de services. En Russie on n'emploie que des moules en tôle étamée ; il résulte que l'acide gras contenant une petite quantité d'acide sulfurique, malgré son épuration finit par altérer l'étamage de la tôle et au bout de très-peu de temps le démoulage s'opère mal, la galette adhère au moule et l'ouvrier pour la détacher frappe et déforme la tôle et brise souvent le contenu. Quand le démoulage est opéré, on monte les pains dans l'atelier des presses et on les enveloppe, soit dans une serviette en malfil, soit dans un sac de la même étoffe ; je préfère le sac, l'opération est plus rapide et la pression sur la galette plus uniforme ; la première pression subie par l'acide gras est à froid dans une presse hydraulique verticale ; on la charge à deux reprises de 294 galettes ; les lits sont séparés par des feuilles de tôle ; on pompe pendant six heures, la vitesse d'ascension moyenne est de $0^m.21$ par heure.

294 pains avant la pression pesaient	1 817	kilogrammes
— après —	1 205	—
Différence. . . .	612	kilogrammes,

qui représente l'acide oléique, soit les 33 pour 100 du poids d'acide gras. L'acide liquide ainsi obtenu est loin d'être pur, il contient toujours une certaine quantité d'acide concret qu'il faut extraire, au risque de vendre l'acide stéarique au prix de l'acide oléique. Quand les sacs sont bien égouttés, on les porte dans la presse à chaud. Cette dernière contient 27 galettes qu'on place entre deux plaques chauffées à la vapeur et des étrindelles en crin de cheval. Quand la presse est chargée, on serre les galettes contre les plaques et on ouvre le robinet de vapeur jusqu'à ce qu'elles aient toutes une température régulière ; on pompe pendante cinquante minutes ; la vitesse moyenne d'avancement du plateau est de 6 millimètres par minute.

Le 27 pains pesaient avant la pression à chaud		110	kilogrammes
—	après	— 54	—
	Différence.	56	kilogrammes,

qui représentent une petite portion d'acide oléique mélangée avec les acides concrets; ce produit est reversé dans les acides gras au moment de leur moulage.

L'acide stéarique qu'on retire après les deux pressions à chaud et à froid est de 32 pour 100 de l'acide gras, en effet :

Les 27 pains avant la pression à froid pesaient.	169	kilogrammes
Après la pression à chaud.	54	—
Différence.	115	kilogrammes.

Il reste donc dans les deux presses 68 pour 100 des acides gras représentés par l'acide oléique et l'acide concret entraîné.

Prix de revient du pressage.

Moulage.	4 ouvriers	
Presses à chaud. .	2 —	
Presses à froid. . .	2 —	
Dérasage.	1 —	
Total. . .	9 ouvriers à 1f.70.	15f.30
Force motrice.		22.00
Frais de sacs.		20.00
Pour 1 600 kilogrammes par jour, soit.		57f.30
Par 100 kilogrammes..		3.58

Dans l'usine de M. A. Heimburger, à Pétersbourg, dont je décris la fabrication, il y a huit presses hydrauliques, dont quatre verticales et quatre horizontales. C'est la maison anglaise de Jlis et Boutz de Pétersbourg qui a construit ces appareils. Les maisons françaises de constructions ont peu de chance de réussite en Russie, et ne peuvent lutter, quant à présent avec les maisons allemandes et surtout anglaises; ces deux nations apportent aux machines destinées à l'exportation autant de soins qu'à celles employées dans leur propre pays. Les machines anglaises que j'ai vues employées presque exclusivement en Russie sont solidement construites; elles sont lourdes, mais ne craignent pas le

contact de la main un peu brutale de l'ouvrier russe. On monte en ce moment un très grand nombre de fabriques en Russie, mais l'installation en est confiée aux mains des Anglais qui, seuls ou presque seuls, sont demandés comme directeurs, contre-maîtres ou mécaniciens.

Pourquoi cet abandon pour la fabrication française? D'abord la France ne dispose pas, comme l'Angleterre, de moyens aussi puissants de productions mécaniques, puis les maisons françaises n'entretiennent pas en Russie des agents qui veillent à leurs intérêts, se tiennent au courant des travaux et du mouvement industriel. Il serait à désirer que les Français voyageassent davantage et se missent plus fréquemment en rapport avec une nation dont elle a toutes les sympathies. Mais revenons à la fabrication.

L'acide oléique qui s'est écoulé de la presse à froid doit, avant d'être livré au commerce, subir une clarification qui lui ôte une certaine quantité d'acide concret; on peut faire ce travail par la filtration à travers des sacs de laine ou par une presse spéciale : ce dernier mode est plus expéditif et exige moins de main-d'œuvre. Dans cette presse, l'acide oléique brut est refoulé par une pompe à travers vingt filtres verticaux. La matière concrète reste dans les filtres et l'acide liquide s'écoule par des robinets placés au bas du filtre; ces appareils sont fournis par la maison allemande Hall Saale au prix de 1 600 francs. La partie concrète restant dans les filtres fait retour dans le bac des matières premières et la partie liquide est mise en tonneaux à pétrole du poids de 140 à 150 kilogrammes. L'acide oléique se vend à Pétersbourg 64 francs les 100 kilogrammes, fût perdu. Le prix a sensiblement baissé depuis 1873, où il était de 77 francs les 100 kilogrammes. La production de l'acide oléique en Russie étant plus forte que la consommation, l'excédent va à l'étranger où il se trouve en concurrence avec les fabriques belges et allemandes.

L'acide stéarique sortant des presses à chaud est enlevé des sacs et trié, on sépare les bords du pain contenant des traces d'acide oléique; l'acide concret blanc subit la clarification à l'eau acidulée et à l'albumine, et est livré à la coulerie. En France on bleuit avec de l'indigo l'acide stéarique avant de le couler en bougie pour masquer un peu sa teinte jaune; en Russie ce moyen n'est pas pratiqué, mais on apporte plus de soin au triage des pains.

COULERIE.

Nous avons donc obtenu par une série d'opérations l'acide oléique et l'acide stéarique. Cette dernière matière sortant de la cuve de clarification est trop chaude pour être mise en moule, elle se cristalliserait et ferait des bougies marbrées et cassantes; il faut la refroidir jusqu'à ce qu'elle atteigne un aspect laiteux. Cette opération se fait en agitant la matière avec des rames en bois dans des bacs en tôle émaillée ou en bois garni de ciment ; on a essayé d'employer des ventilateurs pour refroidir l'acide stéarique, mais on a renoncé à ce moyen à cause des bulles d'air emprisonnées.

Quand l'ouvrier juge à l'aspect de la masse que la stéarine est suffisamment froide, il la verse dans des moules en étain chauffés à 45° environ; une fois la coulée faite, on refroidit les moules.

Il faut éviter un refroidissement trop brusque, car la matière saisie par l'eau froide subirait une espèce de trempe et deviendrait cassante.

Un bon métier à couler doit remplir les conditions suivantes :

Démoulage facile de la bougie;
Suppression presque complète des masselottes;
Cintrage parfait de la mèche;
Rechauffage et refroidissement par eau.

On a primitivement fait usage de formes à main, mais il y a longtemps qu'elles ont été abandonnées; j'ai vu cependant à Vienne, dans la grande fabrique d'Apollon, se servir encore de formes à main.

En France, en Angleterre et en Allemagne, les métiers à couler ont subi des modifications très-nombreuses.

En France la maison Morane, en Allemagne M. Gœtzes, Wunchmann de Leipsig, en Angleterre Joseph Morgan, de Manchester, ont le plus contribué à perfectionner ces métiers.

Après les métiers à main, les premières machines fabriquées se composaient d'une série de moules rechauffés à la vapeur et refroidis par le ventilateur. Dans ces machines le démoulage se faisait par en haut en tirant sur la mèche : aussi arrivait-il que la bougie restait dans le moule.

Dans les anciennes machines représentées (fig. 1 et 2, pl. 85), la masselotte était de 40 pour 100; l'acide stéarique coulé, refondu si souvent, perdait de sa qualité.

Les bougies sortant du métier avaient à subir le blanchiment à l'air, le lavage, le polissage et le rognage. Avec les nouveaux métiers, toutes ces opérations, sauf le rognage, sont supprimées.

Les machines employées à Pétersbourg sont du système de Wunchmann de Leipsig et de Joseph Morgan de Manchester.

Le métier représenté par les fig. 4, 5, 6 et 7, pl. 85, se compose de 100 moules se démoulant à la fois en poussant les bougies par en bas; le rechauffage se fait par eau à 45°, le refroidissement ne s'opère pas par le ventilateur, mais par eau froide. On fait 20 coulées en 12 heures, ce qui produit, pour des bougies de 5 à la livre, 170 kilogrammes.

Le temps de refroidissement est de 18 à 20 minutes. Nous avons essayé, pour augmenter le nombre des coulées de réduire ce temps en nous servant de l'eau au-dessous de 10°, mais nous n'avons jamais obtenu de bons résultats, presque toutes les bougies sortaient cassées du moule.

Les fabricants français prétendent pouvoir employer de l'eau presque glacée et de cette façon diminuer le temps de refroidissement. Je crois que notre insuccès tient à l'acide stéarique qui en Russie est mieux épurée, plus dure et ne contient pas d'acide palmitique.

La bougie sortant de ces nouveaux métiers est blanche, dure, à surface lisse et polie, on n'a donc recours ni à l'étendage, ni au lavage, ni au polissage, économie considérable de main-d'œuvre et produits plus beaux; les masselottes obtenues par ces métiers ne sont plus que de 10 à 15 pour 100. On peut, il est vrai, en diminuer encore le poids, mais souvent aux dépens de la qualité de la bougie.

Le rognage se fait par des machines à scies circulaires semblables à celles employées en France; le timbrage se fait à la main contre un timbre en relief, chauffé à la vapeur.

La fabrique de M. Heimburger a 30 métiers dont 10 pour la bougie palme et 20 pour la stéarine; les métiers fournis par M. Wunchmann reviennent chacun mis en place à 700 francs, ils se composent d'un bâti supportant une caisse en fonte, contenant 100 moules en étain, se démoulant par des tiges creuses, dont l'extrémité supérieure forme la tête de la bougie. La mèche traverse la tige creuse et s'introduit dans le moule dont elle occupe le centre.

La partie supérieure du métier se compose d'une série de pinces en bois qui maintiennent les bougies démoulées. La tension de la mèche est faite par une rondelle en caoutchouc, placée au bas du moule.

La bougie stéarique se vendait, en 1874, en caisses de 2 et 4 pouds, soit 32 et 64 kilogrammes au prix de 9 roubles le poud ou 191f.12 les 100 kilogrammes, le rouble valant 3f.40. La bougie palmitique se vendait 136 francs les 100 kilogrammes.

La bougie extra, double pression, livrée spécialement à la cour, se vendait 350 francs les 100 kilogrammes; elle est exceptionnellement belle, dure, son point de fusion est de 55° et est placée dans des conditions où une bougie ordinaire ne résisterait pas. En effet dans les grandes salles du palais du tzar les lustres sont de 5 ou 600 bougies, la chaleur en haut est excessive et les bougies ordinaires couleraient.

Les deux conditions exigées pour avoir de la bonne bougie sont : le point de fusion de l'acide stéarique et une bonne mèche.

L'épaisseur de la mèche doit être proportionnée à la grosseur de la bougie et sa préparation doit varier avec la qualité de la stéarine.

Les trois usines qui se trouvent dans le nord de la Russie sont : l'usine de Newsky à Pétersbourg, l'usine de M. A. Heimburger à Pétersbourg, l'usine de Wiborg en Finlande.

Les bougies fabriquées par ces trois usines se consomment en partie dans le gouvernement de Pétersbourg; on les vend directement aux débitants sans engagement ni contrat, mais au comptant. On a pendant longtemps expédié de la bougie russe en Australie, mais depuis deux ans ce marché est fermé. Les exportations se font pendant la saison de navigation en Allemagne et dans les provinces Baltiques. Le fret de Pétersbourg à Riga est de 2f.50 les 100 kilogrammes, assurances comprises, le transport par le chemin de fer est de 8f.50. On a donc tout intérêt pour l'envoi des produits dans les provinces baltiques à choisir la saison de navigation. La consommation de la bougie dans le nord de la Russie diminue beaucoup par suite du bon marché du pétrole; le pétrole de Pensylvanie se vend en gros à Pétersbourg, fût perdu, 51 francs les 100 kilogrammes, et en détail 55 centimes le kilogramme.

Maintenant que nous nous sommes rendu compte de la fabrication de la bougie, il serait intéressant de connaître son pouvoir éclairant comparé à celui de l'unité photométrique employée, qui est la lampe Carcel, brûlant 42 grammes d'huile par heure. Nous avons fait quelques essais avec le photomètre de Rumfort, dont voici les résultats :

POUVOIR ÉCLAIRANT DE LA BOUGIE.

DÉSIGNATION DES BOUGIES.	CALIBRE DE LA BOUGIE.	DURÉE de la combustion de 1 bougie.	DÉPENSE par heure en grammes.	DÉPENSE en francs par 100 bougies et par heure.	POUVOIR éclairant pour égaler la lampe Carcel brûlant 42 gr. à 1 heure.
	à la livre	h. m.		fr. c.	
Bougie russe extra, double pression	3	12.58	10.9	3 70	0.152
Id.	4	9.33	10.9	3 75	0.150
Bougie russe ordinaire.	3	12.25	10.9	2 08	0.143
Id.	4	8.83	11.6	2 16	0.144
Id.	5	7.50	10.9	2 08	0.141
Id.	6	6.00	11.4	2 10	0.142
Bougie russe palmitique	4	9.41	10.9	1 48	0.102
Id.	5	7.16	11.4	1 50	0.100
Id.	6	6.41	10.6	1 30	0.092
(De Milly) Étoile	5	8.27	11.9	2 40	0.140
(Leroy-Durand) Bougie des Gobelins	5	9.10	10.7	2 41	0.136
(Lefebvre) Leg. d'Hon.	5	8.40	11.5	2 39	0.139
(Lefebvre) d'Ivry	5	8.61	11.3	2 21	0.130
(Leroy-Durand) Bougie des Palmiers	5	8.42	10.3	2 10	0.122
(Id.) Prophète	8	5.01	11.6	1 85	0.120
Gaz bec d'Argand			88 litres.	2.64	1.000
Id. Parisot			80 —	2.40	1.000

Ce tableau nous indique que la dépense des bougies est à peu près la même pour toutes les sortes, soit en moyenne 10gr,5 par heure.

Le pouvoir éclairant est variable dans une certaine limite avec la qualité de la bougie. Pour remplacer une lampe Carcel brûlant 42 grammes par heure et coûtant 0fr,06c, il faut environ 7 à 8 bougies coûtant 20 c., plus du triple.

MÈCHES.

Les mèches employées sont en coton; elles se composent de fils n° 36 tressés en 3. On se sert :

Pour bougies 5, 6, 8 à la livre, de mèches de 75 fils 1 kil., mèche à une longueur de. 613m

Pour bougies	4	—	—	81	583m
—	3	—	—	90	534m

A Pétersbourg les fabricants de bougies tressent la mèche eux-mêmes; les fils de coton sont fournis par les filatures au prix de

4 fr. 35 c. le kilog, livrés à l'usine. L'atelier de tressage se compose d'une série de métiers et de machines à embobiner. Chaque métier se compose de 12 tresseuses et fait en 12 heures 4 kilog,300 de mèches, soit environ 2.700 mètres.

Une fois la mèche achevée, on enlève soigneusement à la main toute impureté comme traces d'écosse, points noirs, nœuds, fils non tordus. C'est en partie de ce travail que dépend la bonne mèche; les nœuds et les fils non tordus font filer la bougie; les impuretés engorgent la mèche et ralentissent l'effet de la capillarité.

PRÉPARATION DE LA MÈCHE.

La préparation de la mèche est entourée chez les fabricants du plus grand mystère, chacun croit tenir le secret de la meilleure recette, il n'y en a pas deux qui la fassent de la même manière. Si on ne proportionne pas la dose de la préparation à la qualité de la bougie, on n'obtiendra jamais une combustion parfaite. La mèche doit se recourber à 15 millimètres du fond du godet et la perle d'acide borique penchée en dehors de la flamme doit absorber les cendres formées par la combustion. Si la mèche est droite et longue dans la flamme bleue, la bougie fumera; si au contraire la mèche est trop courte, elle n'absorbera pas la stéarine fondue et la bougie coulera. Il est bon chaque fois qu'on fait une nouvelle préparation de tremper une mèche d'échantillon et d'essayer la bougie. Si la mèche ne se recourbe pas assez, ajoutez de l'acide sulfurique, si la perle ne se forme pas bien et que le bout, au lieu d'être rouge, est noir et long, ajoutez de l'acide borique.

On peut employer pour la préparation de la mèche de l'acide arsénieux, de l'acide phosphorique ou l'acide borique. Parmi un grand nombre de recettes, je recommanderai la suivante qui a donné de bons résultats.

Quand la mèche est bien propre on la lave dans une cuve d'eau chaude acidulée de :

Acide sulfurique à 40° Baumé.	0k,500
Eau de pluie..	100

Au sortir de la cuve où la mèche reste 4 heures, on la tord et on la sèche dans un séchoir à air chaud pendant 24 heures. Puis on la trempe dans la solution suivante :

Eau de pluie.	1000k	le mélange marque 4° B.
Acide borique.	4k,5	
Sulfate d'ammoniaque cristallisé. .	18k	

Il faut avoir le soin de retourner la mèche dans la solution. Après quoi on la sèche pendant 72 heures.

PRIX DE REVIENT DE LA MÈCHE TRESSÉE ET PRÉPARÉE.

En Russsie on vend l'acide sulfurique 66° B. — 21 fr. les 100 kilos; le sulfate d'ammoniaque 84 fr. les 100 kilos; l'acide borique 800 fr.; le coton en fils 435 fr. les 100 kilos. — Le prix de revient est :

Coton en fils..		435f 00	les 100 kil.
Tressage de la mèche.		20 20	
Nettoyage à la main.		42 00	
Déchet, 2 pour 100.		10 00	
Entretien des machines et frais généraux. . . .		18 00	
Prix de la mèche non préparée.		525 20	
Prix de la préparation :			
Main-d'œuvre.	20f 20	35 05	
Chauffage.	2 25		
Préparation.	12 60		
Prix de la mèche tressée et préparée.		560 25	

Les fabricants étrangers ne peuvent plus importer en Russie des mèches, à cause des droits d'entrée qui sont de 90 fr. les 100 kilos. La fabrique de Wiborg (Finlande) où les droits d'entrée sont moindres, se fournit à Paris.

Il serait curieux, au point de vue de l'immobilisation des capitaux, de savoir combien de temps le suif reste dans la fabrique avant de ressortir en bougie. Par le procédé de distillation cette durée est de 12 à 15 jours.

Nous nous sommes occupés des produits dérivés du suif; il ne nous reste plus que la glycérine pour achever cette communication.

GLYCÉRINE.

Pendant fort longtemps la glycérine n'avait pas d'emploi, et les fabricants d'acide stéarique, la laissait couler avec les eaux de lavage; depuis, son usage va toujours croissant; on s'en sert pour la fabrica-

tion des savons transparents, pour la parfumerie en général, dans les emplois pharmaceutiques, dans la fabrication de la nitro-glycérine, et tout dernièrement M. Eugène Asselin de Saint-Denis l'a proposée comme désincrustant des chaudières à vapeur.

A Pétersbourg la glycérine la plus estimée est celle de Price, de Londres, et de Sarge, de Vienne; elle marque 28 à 30° B. et elle est chimiquement pure.

Quelle que soit la qualité de la glycérine, on l'obtient de la façon suivante :

Après l'acidification du suif, la glycérine brute était combinée avec l'acide sulfurique étendu d'eau; en répétant les lavages sur les acides gras on obtient la majeure partie de la glycérine contenue dans le suif. Les premières eaux de lavage marquent 11° et contiennent 4° de glycérine et 7° d'acide sulfurique; les dernières eaux marquent 3°. Toute la glycérine est reçue dans de grands bacs en bois doublés de plomb traversés par un serpentin de vapeur perdue; c'est là qu'elle reçoit sa première concentration; l'acide sulfurique est éliminée par un lait de chaux.

On se rend compte de la saturation en employant de la teinture de tourne-sol, en pratique le goût seul vous guide, car la solution saturée n'est plus acide mais sucrée, sa couleur passe du noir au jaune-paille. La proportion de chaux varie de 5 à 6 pour 100 du mélange. On laisse reposer et on décante dans de grandes caisses en bois garnies de plomb à double fond percé de trous sur lesquels est disposée une grosse toile faisant office de filtre. La liqueur claire et sucrée est recueillie pour être transportée à l'atelier de distillation; le résidu, qui est du sulfate de chaux, est remis sur le filtre et lavé pour retirer la glycérine. Les dernières eaux de lavage ne doivent pas marquer moins d'un demi-degré B. Le sulfate de chaux est sans emploi. La glycérine recueillie marque 3 ou 4° B. On l'évapore dans l'usine de M. A. Heimburger dans une chaudière plate en tôle à feu nu jusqu'à ce que la liqueur marque 15 à 20° B. On la fait passer à travers un filtre de noir animal chauffé à la vapeur (il est indispensable de filtrer, car pour avoir de la glycérine incolore à 28°, on serait obligé, sans cette précaution, de distiller 2 fois).

On remet la glycérine dans une autre chaudière semblable à la première et on la concentre à 30° B. Dans la première évaporation, il faut conduire le feu de façon à éviter que les mousses ne débordent

pas la chaudière et retirer du fond le dépôt de sulfate de chaux qui se forme. Dans la deuxième concentration il faut avoir soin de ne pas dépasser 100°. Pendant que la liqueur est encore chaude, on la verse dans un réservoir servant à alimenter l'appareil de distillation.

DISTILLATION.

La distillation s'opère dans un ballon en fonte surmonté d'un dôme en cuivre rouge. Les produits se condensent dans 4 récipients également en cuivre. Le ballon est chauffé à feu nu et la distillation est poussée par la vapeur surchauffée. (Fig. 8, pl. 85.)

Le premier récipient contient de la glycérine à 28°; le quatrième à 22°.

La distillation est d'une conduite difficile; il ne faut jamais dépasser 165° au risque de jaunir les produits. A cette température la glycérine se distille, on maintient ce degré en alimentant le ballon avec de la glycérine brute.

Avant d'introduire la glycérine dans le ballon, il faut avoir soin de la chauffer : sans cette précaution, le liquide se mettant à bouillir serait entraîné non distillé dans les condensateurs. L'appareil distille en 24 heures 280 kilos, savoir :

1er	récipient	28°,	produit	55,16,	soit °/o	19,6
2e	—	28°,	—	99,22,	—	35,3
3e	—	27°,	—	73,08,	—	27,8
4e	—	22°,	—	48,10,	—	17,3
				280,56		100,0

Vendable à 28°.	54,9
retourné dans la fabrication, 27,22.	45,1
	100,0

La glycérine à 28° est filtrée sur du noir animal jusqu'à ce qu'elle perde complétement sa couleur paille. A cet effet une pompe foulante fait passer la glycérine à travers une série de filtres chauffés à la vapeure Pour enlever à la matière toute trace d'odeur on la fait passer sur du charbon de bois de bouleau. La glycérine ainsi obtenue est incolore, inodore, d'un goût sucré assez prononcé ; elle marque 28° B, sa densité et sa contenance en glycérine anhydre sont marqués par le tableau suivant :

DENSITÉ.	DEGRÉ.	POUR CENT.	CONTENANCE.
1.232	28°	90	1.1088
1.206	25°	80	0.9648
1.179	22°	70	0.8255
1.153	20°	60	0.6918
1.125	16°	50	0.5825
1.099	13°	40	0.4596
1.073	10°	30	0.3219
1.048	7°	20	0.2096
1.024	4°	10 à 12	0.1024

La glycérine chimiquement pure ne doit contenir ni trace de fer, de chlore, de chaux, d'acide formique. On reconnaît la présence du fer, par la couleur rouge du ferro-cyanure de potassium dans la liqueur acidulée à l'acide chlorhydrique. L'azotate d'argent révèle des traces de chlore.

L'oxalate de soude est le réactif pour découvrir la chaux. La glycérine dans cet état se vend à Pétersbourg en raison de 126 fr. les 100 kilos en gros, c'est-à-dire pas au-dessous de 160 kilos en ballon de verre de 20 kilos.

La glycérine de Sarge de Vienne, double distillée 30° B., se vend 250 fr. les 100 kilos. La glycérine 28° non distillée pour compteur à gaz se vend 65 fr. les 100 kilos.

Nous avons décrit sommairement la fabrication des produits dérivés du suif, il me reste à vous rendre compte du commerce en Russie des matières premières, du combustible et de la main d'œuvre.

COMMERCE DU SUIF.

Il y a quelques années Pétersbourg était un grand centre de commerce de transit du suif; on en exportait en France, en Angleterre et en Allemagne; ces deux derniers pays s'alimentent aujourd'hui en Australie, à Montévidéo et à New-York. La France consomme son suif de boucherie, du suif d'Odessa et celui connu sous le nom de Saladeros de l'Amérique du Sud.

Les suifs importés à Pétersbourg de la Russie centrale et de la Sibérie pendant l'année 1873 étaient de 12.000 barils de 26 pouds chaque, soit environ 5 millions de kilos; en 1869 la production était de 8 millions de kilos.

Le suif arrive à Pétersbourg à partir du mois d'août jusqu'au moment des gelées, presque exclusivement par canaux. Le transport par chemins de fer du lieu de la production est trop dispendieux à cause des distances immenses? Quant aux routes, elles ne sont pas praticables.

Le tableau ci-dessous montre les lieux de production et leurs distances jusqu'à Pétersbourg.

	DÉSIGNATION.	DISTANCE de Saint-Pétersbourg.
	Gouvernement de Saratoff	1700 kil.
Ukraine.	Gouvernement de Kiew	1180
Ukraine.	Tchernigoff	1000
Ukraine.	Kharkoff	1385
Ukraine.	Pultava	1360
	Katherinosloff	1484
	Gouvernement de Samara	1900

Les suifs fournis par ces différents gouvernements sont d'une qualité assez régulière; c'est l'Ukraine qui produit le suif le plus beau. Nous pouvons le comparer aux suifs dits *de place* qu'on trouve sur les marchés de Paris. Le tableau ci-dessous montre les points de fusion des différents suifs employés à Paris.

Suif de place cretonne	33°,5
Suif de place à l'acide	31°
Graisses d'os	29°
Graisses d'os (Bourgeois)	26°,5
Épluchures (Bayer)	28°
Épluchures (Souffrice)	26°
Suif de Sibérie	32°
Suif d'Ukraine	34°

A Pétersbourg le marché du suif est exclusivement entre les mains des gros négociants russes qui font les achats dans le pays même de la production, ou qui concluent des contrats au mois de juin à la grande foire de Nijnii Novgorod; on traite les affaires comme à Paris, par l'intermédiaire des courtiers. Une fois le suif arrivé, on le garde dans de vastes magasins et le vendeur n'a plus à s'en occuper.

Une corporation spéciale nommée Artel, se charge de la manutention, du pesage, de la détermination de la tare, de la livraison et du recouvrement. Ce genre de corporation est extrêmement répandu en Russie, et comme elle est inconnue en France, il serait intéressant d'en connaître le fonctionnement.

Chacune d'elles se compose de 80 à 100 membres qui tous ont versé un cautionnement et sont admis dans la corporation par une personne notable. L'Artel prend la responsabilité matérielle de ses membres ; le président et le trésorier sont élus tous les ans.

Les banquiers, les commerçants et les industriels ont une si grande confiance dans ces associations qu'ils ne prendraient ni garçon de recettes, ni livreur, ni homme de confiance quelconque qui n'appartinssent à ces corporations.

Il m'est arrivé pendant le cours de ma direction de voir le garçon de recettes égarer une somme de 5,000 fr., qui a été, sur ma demande au président de l'Artel, immédiatement remboursée.

Le suif est livré en baril de 26 pouds fût perdu, et son prix en 1873 était de 97 fr. les 100 kilos.

COMBUSTIBLE.

Le combustible le plus généralement employé dans les usines est le bois résineux, pin ou sapin ; dans l'économie domestique, on emploie le bouleau. Le charbon de terre ne peut dans l'état actuel des choses lutter avantageusement avec le bois, car soit qu'il vienne de Cardiff, de Newcastle, il ne peut arriver directement à Pétersbourg. Les bâtiments s'arrêtent à 28 kilomètres de la ville, dans le port de Cronstadt et doivent se décharger sur des chalands de faible tonnage pour arriver jusqu'à Pétersbourg.

Telle est la situation actuelle. Mais si le gouvernement prête son appui aux vastes projets du général Poutiloff, Pétersbourg deviendra un port maritime accessible aux bâtiments de fort tonnage. Un mot sur ce projet.

Le golfe de Cronstadt est séparé de 28 kilomètres de l'embouchure de la Newa, le chenal est très-étroit et le Delta extrêmement plat. Le général Poutiloff a conçu l'idée qu'il a mise déjà à exécution, de construire une jetée longue de 10 kilomètres, et de la relier avec le port de Cronstadt par un canal maritime.

Le cercle des forêts qui alimente Pétersbourg va toujours en s'élargissant, et la prévoyance qui tend à exister en France et en Allemagne pour le reboisement des forêts est loin d'être en Russie ; la plupart du temps les choses se passent ainsi : Un spéculateur acquiert une forêt, l'abat en grand, vend tout et ne la livre pas plus à la culture

qu'il ne la reboise. Les incendies jouent aussi un grand rôle dans cette œuvre de destruction, des centaines d'hectares deviennent tous les ans la proie des flammes, et dans ces vastes contrées le fléau de l'incendie est impossible à combattre.

Le bois de pin et de sapin vient en ce moment du lac de Ladoga du gouvernement de Novgorod, ou enfin de 5 ou 600 kilomètres par canaux jusqu'à la capitale. La livraison se fait par sagène, mesure qui correspond à 3 archines soit $2^m.13$ de hauteur sur $2^m.13$ de longueur. Les prix sont les suivants :

Bois de :

1° longueur $1^m,60$	la sagène	(cube $7^{m3},25$,	pèse 2720^k),	coûte	44 fr.70
2° longueur $1^m,06$	»	(cube 4 ,80	1920),	coûte	35 .90

Soit :

1° le stère pèse	375 kil.,	et coûte	$6^f.10$,	ou pour 100 kil.	$16^f.40$
2° —	400 '	—	7 50	—	18 .70

MAIN-D'ŒUVRE.

La population ouvrière à Pétersbourg se compose de Russes, Finlandais et Allemands.

Les Russes, ouvriers intelligents, respectueux, forts et adroits, sont presque tous de petits cultivateurs qui viennent dans la capitale pour utiliser le trop long repos que le climat laisse à la terre. Leurs familles restent au village, se chargeant de cultiver leur petit bien jusqu'au moment où ils reviennent dans leurs foyers pour faire les récoltes.

Les Finlandais, ouvriers taciturnes, soupçonneux, peu sociables, mais plus honnêtes que les Russes, quittent volontiers leur pays où ils ne trouvent pas leur subsistance ; ils sont presque tous ouvriers d'état, c'est-à-dire serruriers, forgerons, tourneurs ou mécaniciens ; ils ne se confondent jamais avec les Russes, dont ils sont séparés par la religion et par la langue.

Enfin, les Allemands des provinces baltiques, qui sont la plupart travailleurs, rangés et intelligents, et qui fournissent des contre-maîtres et d'excellents comptables. Ils font bande à part, et, quoique soumis au gouvernement russe, ils ont des sympathies très-marquées pour leurs voisins de l'ouest.

Les ouvriers sont payés en raison de :

Femmes.	27 fr.	par mois.
Ouvriers manœuvres.	40	—
Ouvriers de corps d'état.	85 à 100	—

La moyenne des jours de travail est de 22 à 24 par mois.

La Russie a le triste privilége d'avoir de nombreuses fêtes imposées par l'Église et par l'État. On peut à la rigueur, tout en froissant les sentiments religieux de l'ouvrier, le faire travailler les jours fériés de l'Église, mais lorsqu'on s'expose à le faire pendant celles de la couronne, anniversaires de la naissance des membres de la famille impériale (et ils sont nombreux) ou à l'avénement au trône du tzar, on risque de fortes amendes.

Les ouvriers russes sont soumis à des règlements sévères ; ils doivent avoir, en s'embauchant, un livret où toute infraction aux règles établies dans les usines est punie d'une amende. La police, le cas échéant, prête main-forte ; du reste, les ouvriers russes ont des mœurs douces et paisibles. Les tentatives faites dans d'autres pays pour l'établissement de cités ouvrières auraient plein succès en Russie, favorisées par le caractère essentiellement sociable de la classe ouvrière. En effet, dans les usines un peu importantes, le propriétaire leur abandonne une maison garnie de lits de camp et pourvue d'un four à pain. Ils se constituent en société, élisent un président, qu'ils appellent l'*Ancien*, lequel est chargé de toute l'administration, achats en gros des comestibles, gérance des deniers de la communauté ; il présente ses comptes chaque mois, et son administration est contrôlée par deux délégués. L'ouvrier russe est sobre, mange peu de viande et se nourrit presque exclusivement de gruau, de pain noir, de choux, si bien que sa dépense monte, blanchissage compris, de 15 à 16 fr. par mois. Ils conservent un peu d'argent pour leur habillement et leur bain de chaque semaine, et envoient à leurs familles 15 ou 17 fr.

On rencontre dans les villages une organisation analogue à celle des usines ; l'Ancien, élu par la commune, a une grande autorité ; c'est lui qui délivre les passe-ports, choisit les hommes pour la conscription, et il suffit d'une plainte déposée par le chef de famille pour que l'Ancien prenne les mesures nécessaires pour faire revenir au pays l'ouvrier qui a négligé d'envoyer de l'argent à ses parents, soit pour payer les impôts, soit pour l'entretien de la famille. Il résulte de cette auto-

rité, un peu dictatoriale à la vérité, quelquefois des abus, mais cette institution moralise l'ouvrier et l'empêche de se perdre dans les grands centres.

SAVONS.

Les savonneries sont souvent liées à la stéarinerie pour utiliser l'acide oléique. Si j'ai décrit le procédé de *l'acidification*, c'est que les traités en disent fort peu de chose, et l'ingénieur appelé à se mettre au courant de la stéarinerie peut trouver dans cette notice quelques renseignements pratiques. Les fabriques de savon sont bien plus anciennes et les renseignements plus nombreux. Si je parle des méthodes pratiques en Russie, c'est qu'elles sont différentes de celles employées en France.

Il y a dix ans, à Pétersbourg, on ne fabriquait que des savons blancs et jaunes, de suif, de résine et de coco. Comme ces savons étaient faits sur une lessive-mère, l'eau d'empâtage restait dans la masse.

Le rendement était considérable et la porte grande ouverte à la fraude, et le consommateur, croyant acheter du savon, achetait 50 pour 100 d'eau au prix de ce dernier. M. A. Heimburger, voyant cet état de choses et après avoir longuement étudié la savonnerie en France et en Allemagne, a fait venir des savonniers de Magdebourg pour fabriquer des savons de suif et de coco marbrés, façon de Marseille. Depuis, on ne vend dans l'économie domestique que des savons marbrés.

Beaucoup de fabriques se sont créées, et les plus grandes sont celles de Schukoff, Tomiline et Semenoff. La concurrence a fait baisser les prix de 22 fr. les 100 kil. Les fabricants, pour augmenter le bénéfice enlevé par cette concurrence, ont fraudé le savon. Ne pouvant pas introduire plus de 30 pour 100 d'eau dans les savons marbrés, on a essayé beaucoup de matières différentes, et celle qui a la préférence est le silicate de potasse ou verre fusible. C'est une addition qui donne de bons résultats, et qui pourrait rentrer dans la catégorie des matières détersives.

La société industrielle de Mulhouse avait proposé pour sujet de prix à décerner un procédé qui permît de fixer rapidement la valeur d'un savon. Ce prix a été décerné à M. Rampal, qui, dans un mémoire étendu, dit ceci :

« On peut se dispenser, sans crainte, de l'analyse du savon dit « *marbré :* il est absolument infraudable, la surabondance d'eau aurait

« précipité la marbrure, l'introduction de substances insolubles ou « inertes en aurait empêché la formation. »

Il est vrai que le savon marbré ne peut supporter la fraude des matières insolubles comme la terre de pipe, l'alumine, la craie, la chaux; mais les Russes mélangent au savon jusqu'à 10 pour 100 de silicate de potasse qui échapperait à l'analyse, suivant l'assertion de M. Rampal.

Les matières premières employées en Russie sont : le suif de Sibérie, l'huile de coco de Ceylan, l'huile de palme jaune, la potasse, la soude caustique, la résine, l'huile verte de chanvre, l'acide oléique et le silicate de potasse.

Les huiles de coco sont de deux espèces : celle de Cochin, au prix de 147 fr. les 100 kil., employée spécialement pour la parfumerie fine, et celle de Ceylan, au prix de 105 fr. les 100 kil., dont se servent les savonniers. Ces deux matières sont importées d'Angleterre.

L'huile de palme jaune s'emploie pour donner de la couleur au savon de résine; elle se vend 147 fr. les 100 kil.

La potasse de cendres de bois est un produit indigène et se vend 69 fr. 30 c. les 100 kil., son degré alcalimétrique est 57°; on l'emploie pour les savons mous.

La résine nous vient du gouvernement de Wologda, au prix de 33 fr. 60 c. L'huile de chanvre, dont on se sert pour les savons mous, est payée 79 fr. 80 c.; c'est un produit du pays.

La soude caustique, dont le degré alcalimétrique est 70 à 72°, nous vient de Newcastle, et au prix de 75 fr. 60 c. les 100 kil. Le silicate de potasse, ou verre soluble, est tiré d'Allemagne, des usines de Spærnagel, de Berlin et Hambourg; il marque en dissolution 32° B., et se vend 26 fr. 20 c. les 100 kil.

La méthode suivie en France pour la fabrication des savons marbrés de Marseille, et exposée dans de nombreux traités, entre autres par d'Arcet, peut se résumer ainsi :

Les opérations sont l'empâtage, la séparation, l'épinage, la cuite, la liquidation.

Dans une chaudière au quart remplie de lessive faible, on verse peu à peu de l'huile à saponifier et l'on fait bouillir le mélange. Il se produit d'abord une émulsion provenant d'un savon avec excès d'huile en suspension dans la lessive faible; on ajoute successivement de l'huile et de la lessive faible, en ayant soin de modérer le feu et de tenir toujours la masse presque empâtée, bien homogène, sans que l'on puisse

apercevoir de la lessive au fond ou de l'huile à la surface. Quand toute l'huile à saponifier est introduite, on ajoute peu à peu de la lessive forte pour convertir le savon avec excès d'huile en savon parfait. Cette opération s'appelle l'empâtage. La séparation se fait en projetant du sel marin dans la cuite, le savon surnage à la surface de la liqueur qui occupe le fond de la chaudière et qui contient du sulfate de soude, du carbonate de soude, du sel marin, ainsi que l'excès de soude ajouté.

On laisse tomber le feu et on retire la liqueur au moyen d'un robinet ou épine placé au fond de la chaudière.

Il ne s'agit pour obtenir du savon que de faire la cuite et la liquation; à cet effet, on ajoute de nouvelle lessive caustique et concentrée en excès; on rallume le feu et on concentre par l'ébullition jusqu'à ce que la lessive ait une densité de 1,20; on ajoute une certaine quantité d'eau suffisante pour que le savon d'alumine et de fer puisse se séparer en veines bleues, et on coule le savon aussitôt que l'eau ajoutée a été exactement incorporée.

Les eaux d'épinage contiennent une très-forte proportion de sels alcalins qu'on utilise quelquefois pour la fabrication de la soude artificielle.

La composition du savon de Marseille marbré est :

Soude.	6
Matières grasses.	64
Eau.	30
Total.	100

Et celle du savon blanc est :

Soude.	4,6
Matières grasses.	50,2
Eau.	45,2
Total.	100,0

On obtient, en opérant dans les meilleures conditions, un rendement de 175 kil. de savon marbré pour 100 kil. d'huile. L'huile d'olives, qu'on emploie généralement en France, est obtenue en pressant à chaud des marcs déjà épuisés par une presse à froid : c'est la dernière qualité.

A Pétersbourg, la saponification s'exécute dans des chaudières qui ont la forme d'un tronc de cône renversé, terminé par un fond sphérique à sa partie inférieure. La profondeur est d'environ une fois et demie son diamètre. Dans cette chaudière en tôle, on verse de la lessive de soude

caustique marquant 24° B. une quantité correspondant à 600 kil. de soude caustique solide. On met ensuite 1,000 kil. d'huile de coco et on saponifie le mélange. Au bout de deux heures, on charge graduellement 2,000 kil. de suif; quand toute la matière est fondue, on pousse le feu, et il se forme au bout de deux heures une masse liée qui se met à bouillir.

On poursuit la cuite en râclant continuellement le fond de la chaudière pour empêcher le savon d'attacher. On se rend compte de la conduite de la cuisson par des échantillons refroidis sur un morceau de verre et par l'aspect que présente le savon sur une pelle en bois.

Si la cuite est trop âlcaline, elle pique la langue, et dans ce cas on ajoute du suif; si la pâte est longue et gommeuse, on fait une addition de soude.

Pour achever la combinaison des acides gras avec la base et former un sel de stéarate et de margarate de soude sans excès d'alcali et sans acide gras en liberté, on fait bouillir la masse pendant trois ou quatre heures, en ajoutant un peu d'eau pour ne pas laisser épaissir le savon.

On juge de la combinaison complète de la matière grasse à l'échantillon refroidi qui, touché du doigt, doit filer sans former de crochet, et quand le savon se détache de la pelle en plaques bien liées.

On arrête le feu et on produit le marbre en projetant dans la masse trois livres de couleur, soit du minium de plomb ou de l'outremer, délayée dans un seau de lessive. La première couleur donne au savon des veines rouges, la deuxième bleues. On laisse reposer la cuite pendant une heure et on la coule dans des formes en bois doublées de tôle. Après la coulée, qui se fait soit à la pompe, soit à bras d'hommes, on couvre les mises pour empêcher le refroidissement trop brusque qui nuirait à la formation des marbrures. Les mises contenant 1,600 kil. de savons peuvent, au bout de sept et huit jours, être débitées en pains.

Par cette méthode, on incorpore la lessive dans la masse entière du suif, c'est-à-dire que la glycérine reste complétement dans le savon.

Le savon ainsi obtenu est pur, et on ne le trouve pas dans cet état dans le commerce à Pétersbourg.

Tous les fabricants, je puis dire sans exception, mélangent dans la masse cuite, avant la coloration, du silicate de potasse dans la proportion de 10 pour 100 soit par cuite 290 kilos.

Le prix du savon et son rendement est établi par le tableau suivant :

2,000 kilos de suif à 97f.60	1952f.00
1,000 kilos d'huile de coco à 107	1070 .00
290 kilos de silicate de potasse à 23	66 .70
600 kilos de soude caustique à 66	396 .00
Chauffage	13 .60
Caisses à savons	70 .00
Main-d'œuvre	41 .00
Transport	38 .00
Frais généraux	52 .00
Total	3399f.30

Le rendement du savon est de 6.240 kilos sur lesquels il y a 4.800 vendable à 67.20	3225f.60
1.440 kilos : rognures et déchet qui doivent faire retour dans la chaudière et qui valent 60.90 soit	876.96
Produit	4102.56
Bénéfice	703.26
Soit par 100 kilos de savon : bénéfice	11.27

Rendement 280 pour 100.

SAVONS MOUS A BASE DE POTASSE.

Le savon mou le plus répandu en Russie est celui fait avec l'huile verte de chanvre. Il est employé au dégraissage, foulage des étoffes et des laines brutes, blanchissage en général, pour les usages domestiques et pour graissage.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de comparer la fabrication russe avec celle des autres pays.

Je me suis servi d'une étude faite par M. Léon Droux sur la fabrication des savons mous en Hollande, travail publié dans les annales du génie civil dans l'année 1872.

Les savons hollandais à base de potasse fabriqués avec des huiles de graines sont plus transparents, moins alcalins, d'une plus longue durée de conservation que les savons français.

L'impôt dont la loi du pays frappe les savons à la fabrication contribue au maintien de la bonne qualité. La loi exige que 100 parties de

savon soient composées de 42 parties d'huile, avec une tolérance de 2 pour 100 sous peine d'une amende de 200 fr.

Les fabricants sont parvenus à faire admettre la résine comme matière grasse. Les savons mous ne peuvent jamais être aussi neutres que les savons durs liquéfiés, car étant sans séparation de la lessive en excès, ils gardent tout l'alcali que le fabricant peu habile introduirait dans leur composition. Par la même raison, ils renferment toutes les matières étrangères contenues dans les corps gras saponifiés.

La composition d'un savon hollandais est :

Acides gras.	42
Alcali.	9
Eau et sel neutres.	49
Total.	100

Prix de revient du savon hollandais :

3220 kilos d'huile de lin à 69.50.	2240.00
300 kilos résine à 13.70.	41.10
1026 kilos potasse à 64	656.65
342 kilos soude de Newcastle à 31.50..	107.75
700 kilos chaux à 2.65.	18.55
Couleur	29.40
Chauffage.	26.25
Embarillage.	222.60
Main-d'œuvre.	78.
Frais généraux.	148.
Total.	3568.30
Droits de l'État 21f les 100 kilos.	1767.
Total.	5335f.30

Produit : 8.400 kilos savon (238 pour 100 de rendement résine comprise).

8400 kilos à 66.50.	5586f.00
bénéfice.	250.70

Soit par 100 kilos 3 fr. environ l'État perçoit 7 fois plus que le fabricant.

Les savons fabriqués en Allemagne, en Belgique et en Russie rap-

portent beaucoup plus, le rendement n'est plus contrôlé par l'État, il est en Hollande de 230 à 240 pour 100; en Russie, grâce à la fraude avec le silicate de potasse, il est poussé jusqu'à 260 et 300 pour 100.

En France on n'est pas beaucoup plus scrupuleux; on mélange au savon mou 5 pour 100 de fécule et comme cette farine exige un égal poids d'eau et de lessive le rendement se trouve augmenté de 15 pour 100 sur la masse du savon.

PRIX DE REVIENT EN RUSSIE DU SAVON D'HUILE VERTE DE CHANVRE.

1600 kilos d'huile à 74.55	1192f.80
Potasse 448 kilos à 57 .75	258 .75
Chauffage	13 .60
Transport	34 .
Main-d'œuvre	70 .
Frais généraux	70 .
Chaux 222 kilos à 6.30 les 100 kilos	14 .
Tonneaux	40 .80
Total	1693f.95
Produit 3840 kilos, (rendement 240 pour 100) à 67.20	2580 .48
Bénéfice net	886 .53

Par 100 kilos. 23.00.

Les Hollandais ont un bénéfice de :

Pour le fabricant	3
Droits à l'État	21
Total	24

Le savon dont je donne le rendement est un savon pur. Les Russes ne se contentent pas d'un si beau bénéfice, ils fraudent le savon chaque fois que le client n'est pas assez éclairé pour s'en rendre compte; en ajoutant 100 kilos de silicate de potasse dans la cuite ci-dessus on obtient 4160 kilos de savon, soit 260 pour 100 de rendement et un bénéfice net par 100 kilos de 25f.80.

La Russie fabrique, outre ceux décrits ci-dessus, des savons de suif et d'acide oléique pour les usines de draps, des savons jaunes de résine et de suif pour les usages domestiques, des savons de gou-

dron pour les pharmacies. Le tableau ci-dessous montre le prix de revient, le prix de vente et le bénéfice net du fabricant.

DÉSIGNATION.	Rendement.	Prix de revient PAR 100 KIL.	Prix de vente.	Bénéfice PAR 100.
	0/0	fr.	fr.	fr.
Savon mou d'acide oléique....	260	44 10	66 15	22 05
Savon jaune de résine[1]......	160	60 67	75 60	14 93
Savon blanc de coco.........	300	49 35	66 15	16 80
Savon d'acide oléique et suif[1].	150	73 50	84 00	10 50
Savon noir de goudron......	200	105 00	126 00	21 00
Savon marbré de suif........	280	55 93	67 20	11 27
Savon mou d'huile de chanvre.	260	41 40	67 20	25 80

1. Savons fabriqués par la séparation des lessives.

Les fabriques de savons en Russie alimentent la consommation du pays et exportent de grandes quantités pour les possessions russes sur les bords du fleuve Amour (Asie orientale).

ANALYSE

DU

TRAITÉ DE GÉNIE RURAL

DE M. HERVÉ-MANGON[1]

Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, Professeur de Génie rural à l'École des ponts et chaussées et au Conservatoire des Arts et Métiers.

PAR **M. LIÉBAUT**

Secrétaire de la section de génie rural de la Société des Agriculteurs de France.

Dans une de ces magnifiques biographies, où l'ampleur et l'élégance du style sont en harmonie si parfaite avec la grandeur et l'élévation de la pensée, Arago proclame hautement l'importance des services rendus par les ingénieurs à l'humanité, et l'influence considérable qu'ils ont justement exercée sur la société moderne. Voici les paroles mêmes que l'illustre savant ne craint pas de prononcer :

« On disait jadis : Le siècle d'Auguste, le siècle de Louis XIV : suivant moi, lorsqu'aux immenses services déjà rendus par la vapeur se seront ajoutées toutes les merveilles qu'elle nous promet encore, la postérité reconnaissante dira : Le siècle de Papin et de Watt ! »

C'est le 8 décembre 1834 qu'Arago parlait ainsi, dans la séance publique annuelle de l'Académie des sciences. Depuis cette époque, par combien de merveilles éclatantes la vapeur n'a-t-elle pas tenu ses promesses ? En écoutant récemment les deux remarquables discours prononcés dans cette enceinte par MM. Lavalley et Richard, vous avez entendu à la fois et l'énumération de ces merveilles et les noms sympathiques de ceux qui les ont réalisées. Vous avez vu l'ingénieur pénétrant en quelques semaines dans les entrailles de la terre, alors que, par les moyens anciens, il aurait fallu, pour parvenir au même but, des siècles de pénibles travaux. Vous l'avez vu arracher aux rochers avares leurs utiles richesses, épuiser des torrents d'eau, détourner les plus grands fleuves du monde, conquérir pour le laboureur des plaines immenses formées du limon le plus fertile, emprisonner les eaux dévastatrices dans des

1. Chez Dunod, éditeur, quai des Augustins, 49.

digues dont la solidité oppose à leurs ravages d'insurmontables obstacles; vous l'avez vu s'élancer sur la locomotive et sur le paquebot, entraînant à sa suite des milliers de voyageurs; ou bien conduire la mer à travers les sables du désert et réunir ainsi deux mondes que la nature avait séparés.

Et s'il réussit dans ces grands travaux, il parvient également à créer ces industries délicates où la machine opère comme la fée la plus habile : ces industries de luxe où la France excelle, et qui ramènent chez nous l'or de l'étranger. Toutes ces merveilles sont accomplies, et même on peut dire qu'elles sont devenues tellement communes qu'elles ne nous frappent plus autant.

Mais il est une autre branche de l'activité humaine, une industrie, que nous n'hésitons pas à proclamer la première et la plus grande de toutes, où l'art de l'ingénieur vient à peine de faire les premiers pas : *c'est l'Agriculture*.

Nous ne chercherons pas pour quels motifs la mécanique agricole n'a pas suivi, chez nous, les progrès rapides de la mécanique industrielle. Nous ne nous appesantirons pas davantage sur ce qu'il y a d'étrange à voir la différence qui existe à ce point de vue entre nos fermes et les fermes anglaises et américaines. Le réveil est arrivé : les progrès sont maintenant rapides et tout permet d'espérer qu'une transformation profonde est à la veille de se réaliser sous ce rapport dans nos campagnes.

Le moment est donc venu où l'ingénieur doit porter vers les travaux des champs ce courage, cette science et cette intelligence qui lui ont assuré une place si considérable dans la société moderne. D'ailleurs, il devient de plus en plus difficile à nos collègues de trouver leur place dans l'industrie, et, si le travail opiniâtre vient quelquefois à bout de se créer une situation brillante, il est néanmoins bien certain que beaucoup d'entre nous, après avoir énergiquement lutté, sont lassés par des obstacles insurmontables et abandonnent un art qui leur a coûté déjà tant de labeurs, et souvent, de si durs sacrifices. Le génie rural peut devenir pour nous une carrière honorable et lucrative; mais, dans cette voie nouvelle, les bons Guides sont rares. Aussi notre dernier président, M. Lavalley, a-t-il voulu vous signaler le *Traité de génie rural*, dont la science est redevable à M. Hervé-Mangon. Cet ouvrage est le véritable formulaire de l'ingénieur agricole : après l'avoir lu, M. Lavalley disait : « Il y a beaucoup à apprendre dans ce livre; il est rempli de

faits, de renseignements, de chiffres qui sont peu connus et qu'on trouve difficilement ailleurs. Je voudrais que tous nos collègues puissent profiter de ce véritable thésaurus du génie rural. »

Rien ne pourrait ajouter à la valeur d'un tel éloge venu de si haut; mais notre président a voulu que nous essayions de vous donner un aperçu des richesses contenues dans ce livre, et aussi des principales questions de génie rural qui sont à l'ordre du jour dans le monde agricole.

Nous sommes certains qu'en exposant devant vous l'énoncé de problèmes dont l'agriculteur attend la solution, nous aurons fait une œuvre très-utile; car personne mieux que vous ne peut résoudre ces problèmes, si, comme on n'en peut pas douter, vous voulez bien vous appliquer à un travail si profitable à la fois à la science et à la patrie.

L'art de l'ingénieur agricole embrasse des connaissances très-diverses, que l'auteur se propose d'exposer successivement dans l'ensemble de son *Traité du génie rural*. Le volume qui vient de paraître renferme tout ce qui est relatif à la *mécanique agricole*. L'agriculteur a recours au travail de l'homme, à celui des animaux, à celui des machines. Avant d'étudier la production du travail chez l'homme, puis chez les animaux, il était nécessaire de donner quelques indications sur les phénomènes vitaux relatifs à cette production de travail. La physiologie est heureusement en possession, à cet égard, de données précises, fruit de récentes découvertes, qui doivent certainement figurer parmi les plus belles conquêtes de la science.

« Tout le monde sait que les aliments sont nécessaires à l'entretien de la vie et à la production du travail des animaux et de l'homme lui-même. Mais comment s'effectue cette transformation des aliments en activité, en force, en actions de toutes sortes?

« L'observation, l'expérience et les notions acquises sur les principes de la transformation des forces naturelles les unes dans les autres, ont fourni depuis quelques années, sur les résultats mesurables des phénomènes vitaux considérés chez les animaux, des données numériques d'une application continuelle qu'il n'est plus permis d'ignorer.

« Les anciens physiologistes admettaient que la chaleur animale est produite par la *force vitale* elle-même, c'est-à-dire qu'ils en ignoraient

absolument l'origine. Mais dès l'année 1777, Lavoisier établissait que la chaleur produite par les animaux inférieurs est le résultat de la combustion des matières alimentaires par l'oxygène de l'air dans l'intérieur des organismes vivants.

« Cet illustre génie porta plus loin encore le flambeau de la science, et, en 1789, il découvrit le principe de l'équivalence des forces d'origines différentes, et essaya de comparer à une commune mesure le travail dépensé dans les actions les plus disparates. Il avait reconnu qu'il existe une relation entre le développement de la chaleur animale et la production du travail mécanique chez les êtres vivants.

« Il restait à évaluer numériquement l'*équivalent mécanique de la chaleur*, c'est-à-dire le nombre d'unités de chaleur nécessaires pour développer, par une transformation convenable, un certain nombre d'unités de travail, et réciproquement.

« L'introduction dans la science de cette donnée nouvelle, l'une des plus grandes conquêtes intellectuelles de notre siècle, a vérifié d'une manière éclatante les immortels travaux de Lavoisier sur la chaleur animale. »

Avant d'arriver à l'examen détaillé de la transformation de la chaleur en travail chez les animaux, l'auteur expose rapidement les données que la science possède sur la combustion des aliments, la circulation, la constitution du sang, le poids total du sang, les gaz dissous dans le sang, les contractions du cœur, la vitesse d'écoulement du sang, la durée d'un mouvement circulatoire complet, le poids du sang qui traverse les organes, la pression du sang, le travail mécanique de la circulation.

Dans l'énoncé de ces sujets d'étude, les termes ne rappellent-ils pas ceux que l'ingénieur emploie le plus habituellement?

La combustion, la dissolution des gaz, la vitesse d'écoulement des fluides, et les rapports de cette vitesse avec les pressions auxquelles ils sont soumis, enfin le travail mécanique ne sont-ils pas l'objet le plus familier de nos études?

Il est vrai que la machine animale diffère en plus d'un point de la machine inanimée, et que les phénomènes physiologiques sont d'un autre ordre que les phénomènes physiques et chimiques; mais l'unité du plan général de la nature se manifeste clairement dans les uns comme dans les autres. Si les moyens diffèrent, les lois générales sont les mêmes, et, parmi toutes les nobles satisfactions que l'étude des

sciences réserve à l'esprit humain, il n'en est pas de plus grande que la révélation de ces lois primordiales auxquelles la nature obéit depuis le premier jusqu'au dernier terme de son immensité.

Toutes ces lois sont accessibles aux investigations de la science, et chaque année la lumière se fait sur ces merveilles. Cependant il semble que la plus belle et la plus désirable de toutes restera toujours cachée à nos regards : nous pouvons découvrir tous les principes de la nature, excepté le principe de la vie. Une fois arrivés à ces colonnes d'Hercule de la science, des obstacles insurmontables s'élèvent de toutes parts, et nous sommes arrêtés par l'inexorable *nec plus ultra*.

Mais heureusement le domaine qui nous reste est assez vaste. Aussitôt que l'animal a reçu la vie, sa physiologie entière nous appartient. « Le cœur lance dans l'artère pulmonaire le mélange formé des matières nutritives unies au sang veineux : ce mélange traverse les poumons, y absorbe une partie de l'oxygène que chaque inspiration introduit dans cet organe ; l'oxygène, entraîné dans le courant circulatoire, se combine peu à peu dans toute l'étendue de son parcours avec les éléments combustibles du sang, forme de l'acide carbonique, de l'eau et une série d'autres produits plus ou moins oxydés. Le gaz acide carbonique se dégage quand le sang revient dans les poumons et se répand au dehors à chaque expiration. Il est immédiatement remplacé par une quantité correspondante d'oxygène. La chaleur résultant de l'oxydation des éléments combustibles du sang se produit plus ou moins abondamment, *suivant les besoins*, dans toutes les parties du corps, et aussi, *suivant les besoins*, s'y transforme en travail.

« Le sang est donc un véritable *foyer liquide*, qui parcourt sans cesse tous les organes pour y entretenir la vie, la chaleur et le mouvement. »

Combien cet admirable foyer est supérieur à ceux des machines inanimées. Il réalise au plus haut degré une foule de conditions que nous souhaiterions ardemment de remplir, et, pour n'en citer qu'une, combien n'a-t-on pas cherché à utiliser directement comme véhicule de chaleur et de travail les produits mêmes de la combustion ! Le cœur, malgré son petit volume, est doué d'une force contractile considérable : le nombre, les amplitudes et les phases successives de ses battements sont enregistrés par un appareil aussi ingénieux que sensible, dû à M. le docteur Marey.

Les courbes dessinées par cet appareil permettent de reconnaître

facilement comment les mouvements du cœur sont modifiés par les circonstances extérieures : ces indications sont indispensables pour l'étude des moteurs animés, de même que les courbes données par l'indicateur de Watt sont indispensables à l'étude de la machine à vapeur.

Rien de plus curieux que la courbe montrant l'influence de la digestion et l'influence du travail sur les mouvements du cœur. Des observations analogues, faites sur des animaux de travail ou d'engrais, fourniraient à la pratique de très-utiles renseignements sur l'effet utile des diverses rations alimentaires.

Des courbes, complétées par des calculs fort simples, montrent que le ventricule gauche d'un cheval a dépensé par 1″ 0^{k},625. Chez l'homme le même travail serait de 0^{k},140. L'étude de la respiration, les courbes des mouvements respiratoires, du travail mécanique de la respiration et le dosage des produits de la respiration sont également exposés avec une méthode et une clarté parfaites.

L'auteur rappelle les expériences de Lavoisier, de Dulong, Despretz, Scharling, Regnault et Reiset, sur les animaux; celles d'Andral et Gavarret, de Smith, de Doyère, sur l'homme; de Pettenkofer, sur les grands animaux; enfin, celles de M. Boussingault. Puis il donne des chiffres intéressants sur la production de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau par l'homme et les animaux pendant le sommeil, le repos ou le travail, soit par la respiration, soit par la transpiration.

On sait de quel intérêt primordial sont les engrais en agriculture ; il est donc naturel que l'auteur du *Traité de génie rural* étudie complétement les déjections des animaux. Cette étude touche, d'ailleurs, très-directement à la question du travail des moteurs animés; car Liebig attribuait une part prépondérante dans la production du travail musculaire à la transformation en urée des matières albuminoïdes. N'y a-t-il pas pour nous une vive satisfaction à apprendre que sur ce point encore Lavoisier avait vu la vérité quand il a démontré, il y a bientôt cent ans, que le travail musculaire dépend essentiellement de la chaleur produite dans l'organisme par l'oxydation des éléments combustibles, et surtout du carbone des aliments? L'étude des déjections solides comparées aux déjections liquides montre l'utilité de mélanger convenablement les éléments de la ration et prouve qu'il est inexact de dire d'une manière absolue qu'un certain poids d'amidon, par exemple, est équivalent comme nourriture à un poids de graisse contenant le même poids de carbone, qu'un certain poids de matières azotées de la viande équivaut

à un certain poids de gluten ou de légumine contenant la même proportion d'azote, et ainsi de suite. L'auteur est ainsi amené à la grande question de l'*alimentation.*

La valeur des aliments dépend de leur composition élémentaire, de leur action spéciale sur l'organisme, et de leur mode d'association les uns avec les autres. Le calcul de la ration d'entretien d'un être donné, placé dans des conditions déterminées, voilà le grand problème à résoudre par l'agriculture, comme par celui qui veut demander du travail aux moteurs animés. Heureusement le *Traité de génie rural* renferme sur cette importante question des données si précises, des renseignements si complets, que ce problème difficile ne présente pas d'inconnues dont on ne puisse déterminer la valeur.

Pour qu'un animal s'entretienne en force et en santé, il faut qu'il y ait égalité dans une période déterminée entre les éléments qu'il rejette au dehors par ses déjections et ceux qu'il reçoit par ses aliments.

Est-ce tout ? Non, certes.

Il faut encore qu'il y ait constante égalité entre la chaleur dépensée et la chaleur produite.

Nous reconnaissons là la célèbre équation du travail.

« Comme exemple de la chaleur produite par les aliments, on trouve qu'un homme dont la ration journalière est de 500 grammes de viande et de 592 grammes de pain, reçoit en 24 heures une chaleur totale de 2600 calories. La chaleur produite dans l'organisme est employée :

1° A maintenir le corps de l'animal à la température constante qui lui est propre, lorsque la température extérieure est inférieure à la sienne.

2° A élever à peu près à la température des organes, l'air introduit dans les poumons à chaque respiration ;

3° A vaporiser l'eau de la transpiration pulmonaire entraînée par l'air chaud, qui sort des poumons.

4° A vaporiser l'eau exhalée par la transpiration cutanée ;

5° A élever à la température des organes les aliments solides ou liquides absorbés ;

6° A produire le travail mécanique du fonctionnement des organes. (Cette quantité est très-petite ;)

7° A produire le travail mécanique externe que développe l'animal.

Il résultait des idées théoriques de J. R. Mayer que chez les animaux, comme dans les moteurs à feu, une partie de la chaleur sensible disparaît par le travail mécanique externe ; mais l'honneur d'avoir le premier

démontré expérimentalement cette importante vérité appartient à notre compatriote M. G. A. Hirn.

La connaissance de l'équivalent mécanique de la chaleur permet de poser l'égalité qui existe entre la chaleur produite par la combustion des éléments, et la chaleur dépensée soit en travail mécanique, soit en chaleur sensible. Cette égalité subsistant dans toutes les conditions de l'existence, on obtiendra autant d'équations de condition que d'observations faites, dans des circonstances différentes, et les équations permettront de déterminer la valeur d'un pareil nombre de quantités prises pour inconnues.

Les chimistes ont découvert que la plante est un appareil de réduction fixant le carbone et l'hydrogène et dégageant l'oxygène, tandis que l'animal est un appareil d'oxydation, absorbant l'oxygène pour reproduire de l'acide carbonique, de l'eau et des matières plus oxydées que celles qu'il trouve dans ses aliments. Les mécaniciens ont découvert que les végétaux accumulent ainsi la force et que les animaux la dépensent.

La plante qui végète absorbe l'acide carbonique produit par l'animal qui respire, et, sous l'influence de la radiation solaire, réduit cet acide pour accumuler le carbone dans ses tissus.

L'animal consomme ce végétal, le brûle dans son organisme, dégage la chaleur absorbée par la plante, et cette chaleur se transforme en travail que l'animal dépense. La radiation solaire s'endort en quelque sorte au sein des plantes, pour se réveiller en chaleur et en travail chez les animaux. Le soleil est la source immense qui fournit la chaleur nécessaire à l'existence des êtres ; le soleil est le véritable foyer de la vie.

CHAPITRE II.

Du travail mécanique et de l'alimentation de l'homme.

Nous avons établi dans ce qui précède, quelques rapprochements entre le travail mécanique des moteurs animés et celui des machines motrices.

Mais loin de nous la pensée de pousser trop loin ces rapprochements, surtout en ce qui concerne le travail de l'homme. « Ce serait commettre une grossière erreur et blesser le cœur autant que la raison. »

« A côté de l'effort mécanique se trouvent l'intelligence, la pensée, qui ne cessent jamais de diriger l'homme dans les plus simples actions.

« Mais il y a plus encore : considérés dans leur mode d'action purement matériel, les moteurs animés se distinguent par des caractères spéciaux et des exigences particulières qu'il ne faut jamais oublier.

« Ainsi les machines motrices peuvent fonctionner d'une manière continue à leur maximum d'effet utile : au contraire, le travail extérieur des moteurs animés est nécessairement interrompu par des intervalles de repos plus ou moins longs, et, en ce qui concerne le maximum d'effort, tout le monde sait qu'une épreuve de vitesse trop excessive ou trop prolongée peut ruiner à jamais un jeune cheval.

« Contrairement à ce qui se passe pour les machines, les organes des êtres vivants se réparent à mesure qu'ils s'usent, aussi longtemps que l'animal n'est pas arrivé à la période de dépérissement de la vieillesse. »

Nous avons cru devoir indiquer ces données générales et citer textuellement certains passages du traité de génie rural afin que nos collègues se rendent bien compte de l'esprit général de ce grand ouvrage.

Maintenant nous arrivons à des données précises, à des tableaux de chiffres, à des calculs qui ne permettent pas de faire des extraits. Il faudrait tout citer, tout mettre en relief.

Après avoir étudié la taille et le poids de l'homme, l'auteur examine toutes les circonstances de la marche sans fardeau et avec fardeau; ce dernier cas le conduit à exposer toutes les manières de porter un fardeau. De belles gravures représentent les exemples les plus intéressants.

Le travail mécanique de la marche est étudié au moyen de l'ingénieux appareil imaginé par M. Carlet, aidé des appareils enregistreurs de M. Marey.

Le tracé graphique des phénomènes de la marche, de la course, l'évaluation en chiffres du travail correspondant, le travail journalier de l'homme, le travail élémentaire des muscles, sont des paragraphes qu'il faut lire en entier. Il en est de même pour l'alimentation, la composition élémentaire des rations, la ration d'entretien et la ration de travail.

Qu'il nous soit permis de citer seulement les passages suivants :

« Bien que l'homme possède au plus haut degré la faculté de s'habituer aux régimes les plus variés, il y aurait imprudence, surtout dans

les campagnes, à vouloir modifier brusquement les habitudes consacrées par le temps.

L'influence du climat sur la consommation des aliments est très-prononcée.

Les procédés culinaires, ainsi que l'a si judicieusement remarqué le célèbre Rumford, ont une importance que l'on ne comprend pas toujours assez, surtout dans les campagnes.

On doit toujours veiller à ce que la cantine des ouvriers leur donne un ordinaire aussi bon que possible : l'accroissement de travail obtenu indemnise largement des soins et même des sacrifices qu'on s'est imposés. »

Tous ceux qui font travailler apprécieront la haute sagesse de ces préceptes. Ils savent que l'intérêt bien entendu est en cela d'accord avec les sentiments d'humanité.

Une longue suite d'exemples et d'expériences dont plusieurs sont empruntées à M. Le Play, à M. de Gasparin, à M. Husson, conduit à établir que l'aliment consommé produit au moins deux fois plus d'effet utile chez l'individu fortement nourri que chez celui qui est médiocrement alimenté.

Des tableaux très-faciles à lire et à appliquer, permettent d'étudier la composition des rations élémentaires en y introduisant la variété d'aliment qui est nécessaire à l'organisme.

Le prix de revient du travail de l'homme, comparé aux salaires indiqués par la statistique, montre que la situation des onze millions et demi de travailleurs agricoles français n'est pas aussi bonne qu'elle pourrait l'être dans les conditions économiques actuelles.

Au point de vue de l'intérêt particulier, comme au point de vue de l'intérêt général, l'amélioration de la ration journalière de l'ouvrier agricole s'impose comme une nécessité de premier ordre que la théorie et l'expérience indiquent également.

CHAPITRE III.

Travail mécanique et alimentation du cheval.

Pour obtenir du cheval un bon effet utile, il faut connaître parfaitement sa structure, ses principales attitudes, ses principaux mouvements

progressifs, la vitesse la plus convenable correspondante, enfin l'allure de l'animal. Une précieuse collection de chiffres et de renseignements relatifs au travail des chevaux montre combien l'allure influe sur le travail mécanique journalier que peuvent fournir ces animaux, et combien il importe de les laisser reposer de temps en temps en leur faisant accomplir des tâches moins rudes : c'est ainsi que faisaient les anciens maîtres de poste, qui étaient en même temps cultivateurs et dont les chevaux servaient alternativement aux champs et aux relais.

En admettant que le cheval donne son maximum d'effet utile pour la vitesse de 3200 mètres par heure ou 0,90 mètres par minute et en représentant ce travail maximum par cent, il se réduit aux autres vitesses par les rapports suivants :

Vitesses par heure	2000	3200	6000	8000	14000
Travail utile journalier	69	100	94	83	33

La consommation journalière d'un cheval doit se partager par la pensée, comme celle de tout animal de trait, en deux parties distinctinctes : l'une est destinée à l'entretien de la chaleur animale, du travail interne des fonctions vitales, et à la production des digestions. Cette première partie est la ration d'entretien. Pour des animaux de même race, placés dans les mêmes conditions, elle est à peu près proportionnelle au poids du cheval.

La seconde partie est la ration de travail qui est à peu près proportionnelle pour chaque allure au travail que l'on exige de l'animal, dans la limite de ses forces et de ses habitudes.

La nourriture des chevaux, dans la plupart de nos départements, se compose de foin, de paille et d'avoine. On compare à ces types les autres substances.

Le *Traité de génie rural* expose clairement tout ce qui est relatif à l'alimentation du cheval et au prix de revient du travail de ce précieux animal.

L'auteur traite aussi de tout ce qui est relatif au harnachement, qui est le véritable *outil du cheval*. Dans son état le plus complexe le harnachement se compose de 4 systèmes distincts d'appareils savoir : les 4 appareils de direction, de tirage, de support, de reculement. Une étude complète embellie d'excellentes gravures renseigne le lecteur sur ces points importants.

Les soins que l'on doit prendre des chevaux forment un paragraphe

intéressant pour tous, aussi bien pour les gens du monde que pour les hommes de travail.

« Le cheval, différant en cela des autres animaux, n'exprime pas sa douleur par des cris, l'homme doit donc être constamment attentif à s'assurer que l'animal n'éprouve aucune souffrance du fait de ses harnais. Non-seulement le travail diminue avec des harnais mal ajustés, ou mal posés, mais la dépense augmente. Qu'est-ce qu'une fatigue inutile, en effet, sinon le résultat d'un travail mécanique intérieur inutile, et la cause d'une perte en argent, par suite de l'augmentation de la ration de fourrage ou d'avoine. Le cheval est fort intellligent et doué d'une excellente mémoire : on doit y avoir égard, dans les soins qu'on prend de lui. En cela encore, l'intérêt bien entendu s'accorde parfaitement avec les bons sentiments. »

Nous avons insisté sur le cheval : à tout seigneur, tout honneur; mais nous nous bornerons à donner en passant un souvenir à l'âne au mulet, et même au bœuf. Et cependant, en France, le travail des champs emploie plus de bœufs que de chevaux. Nous citerons seulement une petite formule donnée par M. Jean Kiener jeune, qui sait mener de front, dans la belle vallée de Munster en Alsace, la grande industrie, la grande culture, et l'élevage de superbes animaux.

A défaut de bascule, on obtient assez approximativement le poids des bêtes de travail de la race bovine, non engraissées, et d'une constitution normale, par la formule : $P = n c^2 h$, dans laquelle c est la circonférence prise en arrière des jambes de devant, à l'aplomb de la dernière vertèbre cervicale, h la longueur du point précédent à la naissance de la queue; n un coefficient qui augmente avec l'état d'engraissement et qui varie de 0,70 pour un bœuf maigre à 0,85 pour un bœuf gras, et va même jusqu'à l'unité pour les bêtes excessivement grasses.

Nous devons signaler ici l'intérêt considérable qui lie l'élevage et l'utilisation des animaux de la race bovine aux questions relatives aux sucreries et aux distilleries. Cette observation ne paraîtra peut-être pas déplacée dans un moment où ces grandes industries subissent une crise si grave et où chacun des éléments de ces questions primordiales doit être examiné de si près.

CHAPITRE IV.

Manéges.

Dans ce chapitre, l'auteur donne d'excellents préceptes applicables à toutes les machines agricoles; il recommande d'avoir toujours en vue l'effet utile et la solidité, et non une foule de considérations plus ou moins indifférentes auxquelles on s'arrête trop souvent.

Avec les manéges commence la série des admirables planches gravées, véritable chef-d'œuvre du genre, qui montrent toutes les dispositions les plus intéressantes des machines agricoles.

Des difficultés toutes particulières se présentent à l'artiste qui veut représenter ces machines en dessin géométral et à l'échelle: ces difficultés tiennent principalement aux formes bizarres et contournées, à la multiplicité des organes petits et disparates, placés les uns par rapport aux autres, sans ordre symétrique, aux bâtis fouillés, afin de ne laisser que la matière strictement indispensable et le poids le moindre possible. Ces difficultés sont telles que la plupart des constructeurs de machines agricoles ne représentent leurs machines dans leurs albums que par des croquis gravés sur bois. L'auteur et l'éditeur, M. Dunod, ont surmonté ces obstacles au prix de travaux pénibles et de dépenses considérables; aussi la collection des planches du *Traité de génie rural* est vraiment remarquable.

CHAPITRE V.

Des machines à vapeur employées en agriculture.

En 1874, au Comice de Fontainebleau, l'illustre président de la Société des agriculteurs de France, M. Drouyn de Lhuys, prononçait les paroles suivantes : « C'est souvent l'artillerie qui gagne les batailles. Or, l'artillerie rurale, ce sont les machines agricoles et surtout les machines à vapeur. La science moderne est parvenue à réconcilier l'eau et le feu, et de l'alliance de ces deux redoutables ennemis est née une merveilleuse puissance, la vapeur. »

Cette puissance a rapidement conquis une grande place dans toutes les branches de l'activité humaine et notamment dans l'agriculture.

En 1849, les machines à vapeur n'existaient pour ainsi dire pas dans les fermes, même en Angleterre.

En France, leur introduction ne date que de 1852; mais depuis cette époque le progrès a été véritablement digne de la vapeur elle-même. La statistique évalue de la manière suivante le nombre et la force des machines à vapeur employées en 1869 dans l'agriculture française :

Machines employées aux battages.	2,549	représentant	11,156	chev.
Machines employées dans les distilleries agricoles.	510	*id.*	3,857	*id.*
Machines employées dans les exploitations..	122	*id.*	1,219	*id.*

Ce document officiel tardivement publié, comme toutes les statistiques ministérielles, ne représente certainement pas actuellement la moitié de la vérité.

L'auteur n'aurait pas pu, sans sortir du cadre de son ouvrage, s'arrêter à la description détaillée des machines à vapeur; mais il fait connaître les dispositions des machines employées dans les fermes, les principes généraux à observer dans leur établissement, leur consommation moyenne, le travail à en attendre et le prix de revient de ce travail.

Tout cela est tracé d'une main sûre et entièrement conforme aux doctrines de notre Société. Les considérations relatives aux dispositions générales des machines et chaudières, à la production de la vapeur, aux combustibles, à la détente, aux enveloppes de vapeur, enfin aux organes des machines sont d'excellents préceptes que tous les constructeurs devraient suivre, et dont tous les acheteurs devraient exiger la rigoureuse observation.

« La plus modeste exploitation agricole devrait avoir son moteur mécanique, son petit esclave de fer, toujours prêt sans murmure et sans fatigue à aider l'ouvrier rural dans l'accomplissement de sa tâche, à lui épargner les plus rudes labeurs, et à lui laisser ainsi le temps nécessaire aux travaux qui exigent le plus d'adresse et de réflexion. »

Les seuls moteurs inanimés propres à l'agriculture sont actuellement les moteurs à vapeur, à eau et à vent.

Les moteurs électriques, à gaz, à huiles essentielles, à action solaire, à air chaud, sont encore trop loin de la pratique de nos fermes pour qu'on puisse les mentionner ici. La force du vent, en raison de l'irré-

gularité de son action, n'est employée en agriculture que pour des desséchements, des distributions d'eau et des moulins à farine.

L'auteur n'examine donc que les moteurs à vapeur et à eau.

CHAPITRE VI.

Moteurs hydrauliques agricoles.

La force des cours d'eau, recueillie à l'aide des roues hydrauliques ou autres appareils de cette espèce, est le moteur le plus économique et le plus facile à manier qui existe. Parmi les nombreux récepteurs hydrauliques, l'agriculture n'emploie que les roues à axe horizontal et les roues à axe vertical ou turbines. L'auteur examine successivement les ouvrages nécessaires à l'installation des roues hydrauliques, les conditions générales de leur établissement, les roues à augets, les roues de côté, la roue Poncelet, la roue Sagebien, la petite roue à axe vertical employée dans les pays de montagne et en Algérie; puis les différentes sortes de turbines, et enfin le prix de revient du travail de l'eau, ou plutôt l'indication de la méthode à suivre pour arriver à ce prix de revient, si variable suivant les diverses intallations.

CHAPITRE VII.

Transmissions.

L'auteur les divise en deux classes :

1° Celles qui communiquent le mouvement entre deux points peu éloignés;

2° Celles qui le communiquent à des distances considérables.

Dans la première classe se rangent les arbres de couche, les courroies, les roues dentées, etc.

Dans la deuxième, les câbles télodynamiques de M. Ferdinand Hirn, les câbles de traction des appareils de labourage à vapeur, les conduits d'eau ou d'air, soit forcé, soit raréfié, ils donnent le mouvement à des machines installées à poste fixe, ou bien à des machines se déplaçant, comme les charrues, les herses, etc.

Les appareils de transmission à grande distance, dont l'emploi est encore si nouveau, ont pour l'industrie agricole une importance capitale ; ils forment le point de départ de l'emploi général de la puissance des moteurs mécaniques dans les travaux de la culture. Aussi M. Mangon les étudie avec tous les détails nécessaires.

Sans nous arrêter à ce qui concerne les transmissions à petite distance, nous insisterons tout particulièrement sur la nécessité d'étudier à fond tout ce qui est relatif aux transmissions télodynamiques de M. Hirn.

Beaucoup de gens, qui ne méritent pas le nom de mécanicien et encore bien moins celui d'ingénieur, s'imaginent qu'en prenant une poulie à gorge d'un diamètre quelconque, un câble beaucoup plus solide qu'il ne faut pour résister à l'effort à transmettre, et en donnant une forte tension à ce câble, on fait une transmission télodynamique. Eh bien, on n'arrive ainsi qu'à faire une détestable transmission ordinaire qui s'use en quelques jours, et dont le câble relativement énorme casse à chaque instant.

Le principe même de l'ingénieuse invention de M. Hirn consiste à donner au câble une très-grande vitesse, pour qu'il transporte une quantité de travail considérable avec une faible tension, et par conséquent une faible section et un poids minime par mètre courant.

Le câble Hirn est un appareil de puissance vive ; sa masse doit être faible et sa vitesse très-grande ; quand cette condition est réalisée, le câble passe comme une flèche sur ses supports intermédiaires ; bien que la distance soit grande, les poids qui agissent sur les supports sont faibles, et le travail perdu en frottements ne s'élève pas à plus de 3 à 4 pour 100 du travail transmis. La vitesse linéaire du câble doit être au moins de 20 mètres par 1″. La distance minima des deux extrémités doit être en rapport avec la vitesse du câble, afin qu'il n'y ait pas de frottements de glissement entre la poulie et le câble, et afin que les axes ne tournent pas par trop vite.

Le câble doit être simplement posé sur les poulies, sans autre tension que celle que donne son poids propre ; dans ces conditions, un câble de bonne qualité peut durer quatre ou cinq ans.

La garniture de la gorge des poulies est également très-importante. Le procédé qui réussit le mieux consiste à remplir cette gorge avec des petits morceaux de cuir découpés à l'emporte-pièce dans de vieilles courroies grasses, et ayant exactement la section en queue d'hirondelle

du fond de la gorge. On les tasse fortement l'un contre l'autre et on remet la poulie sur le tour pour donner au fond de la gorge une forme parfaitement régulière.

CHAPITRE VIII.

Des appareils de transport en agriculture.

Les transports se classent parmi les travaux agricoles les plus souvent répétés. Les dépenses qu'ils nécessitent figurent pour une forte part, soit dans le prix de production, soit dans le prix de vente de toutes les denrées agricoles. Les blés, les vins, les racines, les fourrages, les textiles, les bois d'œuvre ou de chauffage sont grevés à leur arrivée sur le marché de frais de transport qui augmentent toujours le prix de vente, et dépassent quelquefois de beaucoup la valeur de la matière elle-même sur le lieu de production,

Le blé, qui nous vient de la Russie méridionale, par exemple, supporte, pour arriver à la Halle de Paris, des frais de transport qui quadruplent au moins sa valeur primitive.

Un autre volume du *Traité de génie rural* traitera de l'établissement des voies de transport en général.

Dans la culture intensive, on évalue à cent mille kilogrammes le poids total à charrier par an et par hectare. Dans toute question de transport, il faut étudier séparément trois éléments qui concourent à l'opération, savoir : le véhicule, la voie de communication et le moteur.

Le 8[me] chapitre traite complétement du véhicule. L'auteur s'occupera des routes et des chemins de terre dans le volume consacré aux constructions rurales, et des voies d'eau dans le volume consacré aux irrigations et aux dessèchements.

Après avoir décrit les traîneaux, l'auteur passe aux voitures portées sur des roues et les étudie de la manière la plus complète. Cette étude porte sur les objets suivants :

Frottement de l'essieu dans la boîte, frottement de la roue sur le sol, rapport du tirage à la charge en plaine, influence des déclivités sur le tirage, influence du vent sur le tirage, distribution du chargement sur les voitures, direction de la ligne de tirage, description du dynamo-

mètre de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, avec lequel on a démontré que le rapport du tirage à la charge totale est moindre pour les voitures à deux roues que pour les voitures à quatre roues.

Ensuite vient la description raisonnée des brouettes, des roues et essieux, des moyens de graissage: puis des voitures à deux roues, tombereaux, charrettes, etc., des voitures à quatre roues, chariots anglais, comtois, etc., et des freins, chambrières, etc.

Des tableaux donnent les poids et dimensions des différents véhicules et de leurs chargements. Le choix des véhicules et de leurs attelages, les méthodes à suivre pour établir les prix de revient des transports forment des discussions très-intéressantes. Enfin, l'auteur a tenu à donner la législation qui régit les voitures.

Les chemins de fer légers, d'un déplacement facile, commencent à faire partie du matériel des fermes bien organisées. Le porteur Corbin, notamment, rend de grands services à l'agriculture. M. Mangon en donne une description complète et apprécie hautement cet ingénieux appareil.

Enfin, le chapitre se termine par la description du chemin aérien à câble mobile de M. Hodgson, et par quelques mots sur les locomotives routières.

CHAPITRE IX.

Le chapitre IX est consacré à l'étude des labours à bras. Chemin faisant, l'auteur donne des indications pratiques sur le travail mécanique dépensé par l'ouvrier chargeant à la pelle. La bêche, la fourche, la houe, tous ces instruments, dont l'usage remonte aux temps préhistoriques, sont décrits, et l'usage en est analysé avec un soin tout particulier.

CHAPITRE X.

La charrue, le plus utile de tous les instruments, se compose des parties principales suivantes : le coutre, le soc, le versoir, le sep, l'âge, qu'on nomme aussi flèche ou haie, les étançons, le régulateur, les mancherons. On tend de plus en plus à exécuter toutes ces pièces en fonte,

en fer et même en acier. L'auteur décrit, à ce sujet, les procédés très-intéressants que la métallurgie emploie pour donner à ces diverses parties de la charrue les qualités voulues.

Il y a là pour l'ingénieur matière à d'intéressantes et lucratives recherches. En effet, c'est par millions de francs qu'il faut chiffrer les besoins de la France en charrues et en instruments analogues.

L'auteur recommande à ceux qui voudront perfectionner la charrue de ne pas faire la plus petite modification sans vérifier, au moyen du dynamomètre, l'effet de cette modification sur l'effort de traction exigé par l'appareil. Ce conseil s'applique d'ailleurs à tous les instruments d'agriculture; l'élément ainsi déterminé est absolument capital dans la question.

CHAPITRE XI.

C'est avec le plus vif regret que nous devons nous borner à extraire seulement les conclusions de ce chapitre, consacré à la *culture de la vapeur*.

« Le labourage par la vapeur appliqué dans les conditions convenables est plus économique que le labourage avec les animaux. L'économie est d'autant plus grande que les labours sont plus profonds et la terre plus résistante. Le travail est plus profond et plus efficace que celui des instruments ordinaires. Les labours peuvent se faire plus vite et en choisissant mieux le temps opportun.

« Les récoltes sont plus abondantes avec la même fumure, surtout dans les terres fortes et argileuses qui réclament une aération énergique.

« L'assainissement du sol est meilleur.

« Le nombre des animaux de trait peut être diminué, et ceux qui restent, n'ayant plus à supporter d'aussi rudes fatigues, s'entretiennent mieux et à moins de frais. Certains pays ne peuvent être acquis à la culture que par l'emploi de la vapeur. La betterave a pu être cultivée par ce moyen dans des pays où jamais elle n'aurait pu s'acclimater sans ce puissant moyen. Au point de vue mécanique, les appareils actuellement existants sont très-bien conçus, très-bien exécutés et très-pratiques. Cette question : Doit-on installer chez soi la culture à vapeur? est une simple question de prix de revient. »

Mais c'est là qu'est précisément l'écueil.

Le prix de revient s'accroît beaucoup avec l'augmentation des jours de chômage. Le problème de l'application de la vapeur à l'agriculture trouve donc sa solution dans le moyen de diminuer les chômages.

Or, la force moyenne de nos machines à vapeur rurales, lorsque le fermier n'a pas d'industrie jointe à sa culture, est actuellement d'environ six chevaux. Le labourage à vapeur exige au moins douze à quinze chevaux.

Il y a là pour l'ingénieur un magnifique problème à résoudre. Il faudrait chercher à rapprocher ces deux termes et faire en sorte que le cultivateur puisse employer le même moteur à tous ses travaux. Celui qui résoudra ce problème rendra un immense service à l'humanité. Car la généralisation de l'emploi de la vapeur dans les champs sera un grand progrès en agriculture, assurera aux ouvriers mécaniciens, fatigués par le travail excessif des villes, une occupation lucrative au milieu de l'air vivifiant des campagnes, et augmentera dans d'énormes proportions la ration de viande livrée à la consommation générale.

CHAPITRE XII.

Tout ce que nous avons dit de la traction à vapeur ne s'applique pas seulement à la charrue, mais aussi à la herse, aux rouleaux, aux cultivateurs, scarificateurs, extirpateurs, etc.

La herse sert à rompre les mottes laissées par la charrue, à pulvériser et à régulariser la surface du sol, à détruire les mauvaises herbes, à recouvrir les semences, à enfouir la graine à la profondeur voulue, à rechausser après l'hiver le pied de la plante et à favoriser le tallage; à éclaircir les semis de crucifères, les colzas, etc., semés à la volée, à remuer la surface du sol, à détruire les mauvaises herbes et à faire périr les insectes qui ravagent les plantes. Le rouleau est son auxiliaire et son compagnon plus robuste et plus énergique. La découverte du rouleau Croskill fut un service signalé rendu par la mécanique à l'agriculture. Cet appareil, perfectionné comme il l'est actuellement, joint le mérite d'une grande simplicité à celui d'une habile et heureuse combinaison d'organes et de mouvements relatifs. On peut présenter cet instrument comme type aux ingénieurs qui voudraient étudier des machines agricoles.

CHAPITRE XIV.

A ceux qui douteraient de l'utilité des machines agricoles perfectionnées, on pourrait conseiller de méditer les chiffres suivants :

L'ensemencement absorbe chaque année en France : 15 millions d'hectolitres de froment, 4 de seigle, 2,3 d'orge, 8 d'avoine, etc., représentant une valeur d'environ 500 millions de francs. Il y a donc un intérêt considérable à bien semer, c'est-à-dire à ne mettre en terre que la quantité convenable de graines et à les placer dans les conditions les plus favorables à la germination. La profondeur, l'écartement des plantes, la régularité de leur distribution sont des conditions dont l'influence est considérable.

Or, le semoir est l'instrument indispensable à l'accomplissement de toutes ces conditions.

En outre, certains semoirs mélangent la graine avec une proportion convenable d'engrais liquide ou solide ; d'autres déposent d'abord dans le sol une certaine quantité d'engrais et la recouvrent d'une petite couche de terre sur laquelle vient reposer la graine. Les racines, après la germination, ne rencontrent ainsi l'engrais que lorsque la plante peut se l'assimiler sans danger.

Si l'on ajoute à ces difficultés l'obligation commune à tous les instruments des champs d'opérer également bien en terrain horizontal, montant, descendant, incliné à droite ou à gauche, de pouvoir s'arrêter instantanément et tourner facilement, on comprendra combien on doit admirer le génie et la persévérance des inventeurs à qui nous devons les semoirs mécaniques.

CHAPITRE XV.

L'un des bienfaits dus à cette invention est la possibilité de l'emploi des houes à cheval pour le binage, le sarclage et le buttage. Dans la description de ces opérations de culture, l'auteur du *Traité de génie rural* se montre agriculteur praticien, et les observations délicates qui sont relatées dans son livre montrent qu'il a lui-même conduit plus d'une fois les instruments dans les guérets de sa ferme. « Le matériel

agricole, autrefois si simple, est devenu maintenant très-complexe : l'outil est devenu machine et la ferme usine. Grâce à cette transformation de l'industrie rurale, dont s'étonnent et s'affligent certains esprits inquiets, la production des terres s'accroît dans une énorme proportion. La tâche de l'ouvrier de la campagne devient en même temps moins pénible et mieux rétribuée ; son esprit plus libre et plus exercé le prépare à occuper dignement le rôle important que lui réservent désormais les institutions de notre pays. Chaque progrès de la mécanique agricole doit être béni de tous comme un véritable progrès social. »

Vous approuverez certainement, messieurs, cette pensée si juste et si élevée, par laquelle se termine la partie du livre consacrée aux travaux de préparation du sol. C'est avec un sentiment de légitime et noble satisfaction que nous pouvons maintenant relire ces paroles célèbres de La Bruyère :

« L'on voit certains animaux farouches, mâles et femelles, répandus par la campagne, noirs, livides et tout brûlés du soleil, attachés à la terre qu'ils fouillent et qu'ils remuent avec une opiniâtreté invincible ; ils ont une voix articulée, et, quand ils se lèvent sur leurs pieds, ils montrent une face humaine, et, en effet, ils sont des hommes. Ils se retirent la nuit dans des tanières où ils vivent de pain noir, d'eau et de racines ; ils épargnent aux autres hommes la peine de semer, de labourer et de recueillir pour vivre, et méritent ainsi de ne pas manquer de ce pain qu'ils ont semé. »

Nous n'en sommes plus là, Dieu merci ! Mais il reste encore beaucoup à faire. Il faut maintenant que de généreux efforts répandent l'éducation et l'instruction dans nos campagnes. On a tout mis en œuvre pour vulgariser les instruments de travail perfectionnés ; il faut maintenant tout mettre en œuvre pour élever les cœurs et les intelligences !

CHAPITRE XVI.

Si le génie des inventeurs s'est exercé sur les machines qui servent à la préparation du sol, quels prodiges n'a-t-il pas réalisé pour arriver à remplir, dans les meilleures conditions possibles, les opérations de la récolte ? Les faucheuses et les moissonneuses ont glorieusement conquis leurs chevrons dans la grande lutte agricole. Dès 1861, les constructeurs livraient au commerce 214,000 de ces machines. La consom-

mation a beaucoup augmenté depuis cette époque, et plusieurs maisons honorables affirment qu'elles vendent chacune par an plus de 20,000 faucheuses ou moissonneuses. Il est facile de se rendre compte de l'utilité de ces instruments. En effet, la récolte des céréales exige de cinq à sept journées de travail en moyenne par hectare, et la récolte doit s'accomplir en dix ou quinze jours au plus. C'est donc pendant la récolte que le déficit des bras se fait sentir. Le prix de la journée devient excessif; le travail est mal fait, une partie des céréales est coupée trop tôt, l'autre trop tard. La pluie survient; les ouvriers nomades sont un fléau peut-être plus grand encore; les travaux de la moisson, exécutés par les grandes chaleurs et avec une surexcitation d'activité, ont souvent pour conséquence les maladies très-graves qui se manifestent à l'automne dans les campagnes. Les moissonneuses permettent d'aller très-vite, de choisir son moment, de n'employer que le personnel de la ferme, de n'exiger de lui qu'un labeur bien moins pénible, de ne dépenser pour faire la moisson que la moitié ou le tiers de ce qu'aurait coûté le travail à bras.

Il y a là pour les ateliers de construction de machines agricoles, et pour les ingénieurs, un avenir immense, et, d'ailleurs, les plus grandes maisons de France sont déjà entrées courageusement en lice et livrent de très-bonnes machines. Les frais de transport et de douane dont les machines étrangères sont grevées, le désir qu'a toujours le cultivateur de pouvoir faire réparer ses machines dans l'atelier qui les a construites sont des avantages qui permettent aux mécaniciens français de construire des moissonneuses avec un bénéfice très-encourageant.

CHAPITRES XVIII ET XIX.

Il en a été de même pour les machines à battre. Ce n'est qu'après de longs et courageux efforts que la construction de ces machines a pu s'établir en France, et maintenant les ateliers français en livrent chaque année des milliers, et la fabrication de ces appareils a été pour beaucoup de constructeurs la source de fortunes aussi considérables que légitimement acquises.

C'est en 1786 qu'un mécanicien ingénieux, Audren Meickle, de Tyningham, en Écosse, construisit un tambour animé d'un mouvement rapide de rotation et garni de bandes rigides placées suivant les géné-

ratrices d'un cylindre. Les barres frappaient violemment les épis présentés perpendiculairement à la direction de leur mouvement. Telle fut l'origine de la machine à battre, qui se répandit rapidement en Angleterre et surtout en Écosse. Mais ce ne fut qu'à partir de 1830 qu'elles se répandirent en France, grâce aux généreux efforts de M. de Lasteyrie, et surtout de l'illustre Mathieu de Dombasle. On peut dire qu'actuellement il existe d'excellentes machines à battre répondant à tous les différents besoins des cultivateurs. On trouve dans le chapitre XIX du *Traité de génie rural* une discussion complète de la question et la description des principaux types de batteuses. D'excellents dessins accompagnent ces descriptions. On peut dire que le travail des batteuses est véritablement aussi près que possible de la perfection; car, en moyenne, le grain laissé dans la feuille et dans les épis s'élève seulement de un et demi à quatre pour mille du poids du grain obtenu. Le nettoyage et le criblage sont également parfaits.

Les trois derniers chapitres sont consacrés à l'étude du nettoyage des grains, de la préparation des aliments du bétail et des machines qui servent à ces opérations, ainsi qu'à la pulvérisation et à la trituration des engrais. L'auteur passe en revue successivement les tarares, les cribleurs et trieurs, les coupe-racines, les hache-paille, concasseurs, dépulpeurs, laveurs, appareils de cuisson, broyeurs, moulins, etc.

Nous ne nous arrêterons pas à cette dernière partie du *Traité du génie rural*. Ce n'est pas qu'il n'y ait là, comme dans tous les autres chapitres, à faire de très-utiles extraits; mais nous ne voulons pas abuser plus longtemps de votre bienveillante attention.

En écrivant cette analyse, qui vous aura paru certainement trop longue, nous avons éprouvé à la fois deux sentiments très-différents : le regret de ne pouvoir vous donner qu'un aperçu aussi incomplet du livre de M. Hervé Mangon, et la satisfaction très-vive de penser qu'il existe enfin un ouvrage où chacun de nous peut trouver tant de si précieuses richesses scientifiques.

LES

TRAVAUX PUBLICS

LES MINES ET LA MÉTALLURGIE

AUX TEMPS

DES ROMAINS

LA TRADITION ROMAINE JUSQU'A NOS JOURS

PAR M. **ALFRED LEGER.**

L'ouvrage que M. Leger a présenté à notre Société touche aux grandes questions techniques et historiques dont notre époque se préoccupe avec tant d'ardeur : il donne rassemblés tous les renseignements que l'histoire, la science archéologique et l'observation des monuments subsistants ont permis d'amasser sur les Travaux Publics, les Mines et la Métallurgie à l'époque romaine, renseignements puisés aux meilleures sources et appuyés sur les témoignages les plus sûrs et les plus divers à la fois; aux savants et aux ingénieurs, il offre une encyclopédie dans laquelle se trouvent classés avec ordre les documents épars jusqu'ici, le plus souvent ignorés en raison des difficultés ou de la fatigue que comportait leur recherche; pour les lettrés et les archéologues, c'est un véritable cours complet du Génie civil antique, qui nous en expose et nous en fait pénétrer les ressources et les secrets.

En développant la partie économique, dont l'étude est dans tous les temps inséparable des questions de travaux publics, l'auteur fait revivre pour nous la société romaine avec ses besoins et ses ressources, ses qualités et ses défauts; nous voyons son influence rayonner partout autour d'elle sur toutes les choses de l'art et de la civilisation; ailleurs, nous suivons pas à pas le développement et la décadence de

l'art antique parallèlement avec l'agrandissement et l'abaisssement de l'empire romain; cet exemple illustre atteste une fois de plus l'étroite solidarité qui lie la civilisation et les travaux publics; si les premiers besoins de la civilisation ont rapidement rendu les travaux publics nécessaires, ceux-ci réagissant à leur tour ont contribué dans la plus large part au développement de la civilisation comme au progrès du commerce et de l'industrie.

Ce qui rend cette étude technique intéressante, c'est que l'œuvre romaine est la première dans l'Antiquité qui embrasse le cycle complet des Travaux Publics : les grandes générations des Assyriens, des Égyptiens, des Phéniciens, des Carthaginois, avaient porté tous leurs efforts sur certaines branches isolées des œuvres d'utilité générale; les Romains eurent à les développer toutes parallèlement et dans les circonstances les plus diverses sur toute l'étendue de leur vaste empire : voies, ponts et viaducs, canaux de navigation intérieure, ports, phares, travaux de voirie urbaine et de fortification permanente, aqueducs, cloaques, mines, carrières, sources thermales, tous ces travaux furent menés de front et marqués du même sceau d'une grandeur que notre temps n'arrive pas toujours à égaler.

Ces études provoquent des comparaisons, des rapprochements naturels, particulièrement intéressants, particulièrement actuels, avec les plus belles œuvres des âges suivants et surtout de l'époque contemporaine; ces parallèles rajeunissent et rendent plus vivantes cette revue et cette histoire, en même temps qu'ils rendent plus sensibles et plus saisissables les progrès de la civilisation et les changements survenus dans les mœurs ou apportés par la législation.

Comme conclusion naturelle de cette étude, il convenait de rechercher si le grand peuple capable de si merveilleux efforts s'est enseveli tout entier dans les belles ruines que nous admirons, s'il n'a laissé à la postérité d'autre héritage que ces épaves solitaires, et si, recueillies par nos pères, son expérience et ses leçons n'ont pas encore leur place dans la pratique de nos jours, comme sa langue, ses lois et ses institutions ont inspiré les nôtres pour une si large part!

Aussi, dans un dernier chapitre, l'auteur montre-t-il ce qu'est devenue la tradition romaine en traversant les quinze ou seize siècles qui la séparent des temps actuels, surnageant toujours au milieu des fortunes les plus diverses, inspirant et dominant d'une façon presque exclusive toutes les institutions, comme l'art de construire dans tout le

Moyen-Age et les Temps Modernes jusqu'à nos jours; nous la retrouvons faisant tout le fond de la routine empirique qui guida les constructeurs jusqu'à ce qu'une bonne théorie bien assise sur l'expérimentation et l'analyse fût venue faire de notre art une véritable science exacte; et jusque-là, d'ailleurs, quels meilleurs modèles aurait-on pu choisir que ces magnifiques œuvres dont la solidité avait défié l'assaut de dix ou quinze siècles, et souvent l'effort des hommes par surcroît? A bien des titres, la science moderne pourrait encore utilement s'assimiler beaucoup de procédés antiques qu'elle semble ignorer, et ajouter avec avantage à ses formules trop sobres certaines constantes empruntées à la pratique des Anciens.

La part qui revient à nos pères, les Gaulois, dans l'œuvre romaine n'a pas été laissée dans l'ombre: avec la merveilleuse faculté d'assimilation que l'on reconnaît à notre race, ils s'approprièrent de bonne heure les secrets et les inspirations du génie latin, en conservant même religieusement la bonne tradition plus intacte et plus pure; aussi l'ère gallo-romaine offre-t-elle à nos investigations le champ d'études le plus vaste et le plus riche, qu'il ne déplaira pas à notre patriotisme d'explorer longuement au milieu des autres. Cette partie de notre histoire nationale ne perd rien à être mise en lumière, surtout dans ces temps où il est convenu de proclamer à tout propos l'impuissance de la race latine : il est opportun de faire attester par ses œuvres sa puissante virilité...

Un album de douze grandes planches complète cette étude en mettant sous les yeux du lecteur les meilleurs modèles d'appareils, de constructions, de ponts, de ports, de phares, d'aqueducs, etc., qui soient venus jusqu'à nous.

Avant de faire connaître l'outillage social, l'auteur a cherché à nous introduire dans la vie de ce grand peuple pour nous apprendre, d'une part, les exigences politiques et commerciales auxquelles il fallait alors satisfaire, et de l'autre, les ressources de toute nature dont alors on disposait.

CHAPITRE PREMIER.

Économie politique, agricole et commerciale des Romains.

Dans ce 1[er] chapitre, on trouve un tableau de l'économie politique, agricole et commerciale des Romains, nous exposant leurs tendances, leurs besoins, leurs habitudes et leurs relations, avec l'indication des mesures, des prix et des salaires en usage de leur temps.

A l'origine et pendant plusieurs siècles, l'agriculture absorba toute l'activité et toutes les forces productives du pays; sous le régime des *lois agraires*, la propriété fut morcelée et limitée; le travail de la terre, à peu près obligatoire, prépara les robustes soldats, dévoués à la patrie, qui firent la conquête du monde ancien et la gardèrent pendant quatre siècles; ce fut l'ère de la plus grande prospérité intérieure. Pendant que la domination romaine s'étendit, il ne lui fallut que des routes pour conduire ses armées à de nouvelles conquêtes; les besoins étaient modestes, le pays se suffisait à lui-même : les grandes créations d'utilité publique n'apparaissent pas encore.

Plus tard, vers la chute de Carthage, les mœurs primitives s'altérèrent, le travail fut méprisé, les héritages se vendirent, la grande propriété se constitua, et la population déserta les campagnes, attirée par le séjour des villes, de Rome surtout, où elle porta sa misère, qui fraya le chemin au césarisme.

Pour assurer la vie d'une population de mendiants, et avec elle la sécurité de leur trône, les empereurs durent organiser un système sans exemple d'assistance publique, de distributions officielles, qui devint bientôt la plus grande préoccupation du gouvernement. Tout à côté de cette pauvreté, le fait est commun, le luxe se développa sans mesure; le peuple romain, qui consommait de tout sans rien produire, devint le tributaire du monde entier aussi bien pour les choses les plus indispensables à la vie que pour les exigences du luxe le plus raffiné; il fallut alors, pour faire converger vers Rome et l'Italie les produits de toutes les provinces, compléter le réseau des routes, des ports, des canaux, construire des ponts, des phares, etc. Ce fut la plus brillante période pour les Travaux Publics, qui embrassèrent dans leur système

jusqu'aux provinces les plus excentriques, et cette situation se prolongea jusqu'à la chute de l'empire.

L'agriculture fut longtemps la seule industrie permise par les lois aux citoyens romains, la seule honorée ; mais elle fut ruinée de bonne heure par le manque de bras, le taux usuraire de l'argent, la mauvaise direction, le manque de chemins ruraux, etc.

Quand les besoins grandissant firent du commerce et de l'industrie une nécessité sociale, il fallut bien lever le *veto* qui en écartait les citoyens ; mais le préjugé subsista longtemps encore : les arts libéraux, la navigation, les sciences, l'industrie restèrent en conséquence le monopole des étrangers et des affranchis, qui firent d'immenses fortunes, malgré les entraves de toute sorte qui gênaient l'activité humaine et paralysaient les échanges : péages sur les routes, droits de douane ou d'octroi, prohibitions, tarifications insensées, etc.

Les provinces excentriques, jouissant de plus de libertés, restées plus loin de la corruption romaine, s'enrichirent dans une large mesure des besoins de Rome, et, profitant d'une décentralisation heureuse, complétèrent avec un sens pratique admirable leur système de circulation. Tandis que les anciennes provinces restèrent plus ou moins réduites au système de viabilité organisé dans un autre temps en vue de l'intérêt stratégique, les autres s'inspirèrent, pour tracer leurs voies, de leurs véritables intérêts économiques, et leur œuvre n'est pas la moins intéressante à étudier : elles surent habilement combiner les routes et les voies fluviales qui déversent naturellement leurs eaux dans le grand bassin méditerranéen, le *lac romain*, et atteindre de là, sans frais, avec un peu de vent favorable, Rome, le plus grand marché des temps anciens. C'est vers ce grand centre que nous voyons alors converger tout le mouvement commercial, des Colonnes d'Hercule à l'Euphrate, de la Lybie à la Sarmatie, apportant aux raffinés de Rome toutes les richesses et toutes les jouissances.

Mais il vint un moment où les besoins insatiables du Trésor, l'entretien d'une innombrable armée de soldats et de fonctionnaires, les exigences du peuple obligèrent à augmenter les impôts sans mesure : le commerce fut frappé à outrance, les prix dépassèrent toute limite, d'autant plus que la demande croissait elle-même ; pour faire face aux dangers de cette situation, le despotisme impérial crut trouver un remède souverain dans une tarification officielle de toutes les marchan-

dises, suivant une taxe unique, la même pour toutes les provinces de l'empire ! Ce fut la pleine décadence morale et matérielle, le commencement de l'agonie de l'empire.

Après avoir mis sous nos yeux le tableau des mesures, des poids et des monnaies en usage chez les Romains, l'auteur donne, d'après les monuments épigraphiques venus jusqu'à nous, un aperçu des prix des choses principales de la vie, ainsi que des salaires : on peut en conclure que les marchandises très-ordinaires coûtaient moins cher que de nos jours, les objets plus recherchés valaient notablement plus cher, et les choses de luxe étaient hors de prix.

CHAPITRE II.

Revenus et charges de l'État.

L'auteur nous retrace l'organisation administrative tentée par le génie d'Auguste, secondé par Mécène et Agrippa ; nous trouvons, avec l'indication d'un premier budget, l'énumération fort longue des revenus publics, impôts directs et indirects, l'établissement du cadastre, le mode de perception, la division des Trésors. Les recettes de l'État pouvaient se monter à 450 millions de francs pour un empire de 120 millions d'âmes ; les recettes réunies de l'État et des municipalités pouvaient s'élever à 960 millions.

Pour s'expliquer des produits relativement aussi faibles, il faut ne pas perdre de vue les nombreuses immunités que conféraient certains droits politiques, tous ces droits : *quirite*, *de cité privée*, *latin*, *italique*, *provincial*, etc., dont les prérogatives diverses étaient souvent en jeu dans les questions d'impôts et de travaux publics.

En surplus des subventions en argent, les Travaux Publics avaient des ressources spéciales fort importantes dans les contributions en nature, dans les prestations, etc.

Les charges de l'État comprenaient l'entretien de l'armée et de la flotte militaire, les frais d'administration et ceux de perception des im-

pôts, les distributions et largesses au peuple, les subventions et allocations aux Travaux Publics.

Les deux premiers chapitres de dépenses sont exposés avec quelques détails; les deux derniers sont plus développés. Celui des largesses est fort curieux à étudier : il nous représente non pas seulement une organisation de charité ou d'assistance officielle, mais une entreprise générale de fournitures gratuites pour la population presque entière d'une capitale, et non pas uniquement de vivres de toute sorte, mais encore d'une façon normale, de fêtes et de jeux publics, pour amuser tout un peuple qui s'ennuyait et qui eût pu chercher d'autres distractions plus terribles!

Les subventions du Trésor aux Travaux Publics furent relativement faibles, et ne s'appliquèrent qu'à des œuvres de l'utilité la plus générale, comme les grandes voies militaires, les ponts, les ports, les phares, etc.

La dotation des immenses ouvrages que nous verrons décrits, fut faite, pour la plus large part, par les ressources locales, et même par l'initiative privée; elles ne nous en paraîtront pas moins admirables! Les villes firent de véritables folies en matière de travaux publics; l'administration centrale dut même parfois intervenir pour modérer, à cet endroit, un zèle excessif et désastreux; les particuliers, enfin, pour briguer la faveur populaire dans ce pays de fonctions électives, ou en reconnaissance des honneurs reçus, firent des libéralités en travaux qui, par l'usage, devinrent presque obligatoires : de simples citoyens exécutèrent à leurs frais des centaines de kilomètres de voies, des théâtres contenant 8,000 spectateurs et coûtant 19 millions, etc.!

On disposait encore, au crédit des Travaux Publics, d'autres ressources considérables, comme les prestations en nature ou en argent, le concours des légions, des esclaves, des prisonniers, des condamnés, etc.

Dix-huit siècles avant les États modernes, l'État romain eut un instant des réserves alimentées par le butin des conquêtes; cet âge d'or passa bien vite, et, bien avant nous, l'empire romain inventa les emprunts d'État.

CHAPITRE III.

Administration et ressources des Travaux Publics.

L'organisation et les ressources des Travaux Publics, chez les Romains, offrent des détails si intéressants et si curieux que l'auteur a cru devoir consacrer à leur étude un chapitre spécial.

La direction et la surveillance des travaux étaient confiées à des *curateurs;* cette magistrature, des plus populaires, était fort briguée; elle devint rapidement onéreuse pour les titulaires, moralement obligés souvent à contribuer aux dépenses. Quand on ne trouva plus de candidats, les empereurs durent prendre la charge pour eux-mêmes en déléguant leurs pouvoirs à des agents spéciaux, *sous-curateurs.*

Le curateur avait sous ses ordres l'architecte, les inspecteurs, les vérificateurs, l'entrepreneur.

Les travaux étaient exécutés en régie ou adjugés à l'entreprise, généralement à forfait, avee cautionnement.

On a des modèles de ces marchés; on connaît aussi les règles suivies pour la réception et le règlement des travaux.

Les ouvrages furent, le plus souvent, exécutés en régie. L'auteur consacre d'intéressantes pages à l'organisation du travail, au concours apporté par les prisonniers, les condamnés, les esclaves, par ces incomparables légions surtout qui, avec leur forte constitution et leurs seules ressources, suffirent à construire des villes entières décorées d'édifices et de monuments splendides!

A ces précieux auxiliaires, il faut ajouter les corvées forcées ou volontaires des habitants, et l'appui d'une puissante organisation trop peu connue, celle des *corporations ouvrières.*

Nous regrettons, dans le cadre trop étroit de ce simple résumé, de ne pouvoir donner cette étude complète de la corporation ouvrière antique, si différente de celle du Moyen-Age.

L'État, pour subvenir aux dépenses de ses propres travaux, en ménageant ses ressources financières absorbées souvent par les autres services, réussit à résoudre le difficile problème de créer de grands ouvrages sans bourse délier: en admettant le payement de certaines

contribution en nature (chaux, pouzzolane, briques, etc.), il approvisionnait les matériaux; par ses légions, les condamnés, les réquisitions, il avait la main-d'œuvre; il lui restait à se procurer les ouvriers spéciaux pour les ouvrages difficiles : il les trouva en enrégimentant les ouvriers de métiers en corporations semi-militaires qui lui devaient, en échange de certains avantages et plutôt de certaines immunités, le service de leur personne, et ne pouvaient même se refuser à suivre les légions dans leurs expéditions les plus lointaines. Cette organisation en corporations sous la main de l'empereur s'étendit bientôt à tous les corps de métiers, quand l'État devint, pour le service de l'*annone*, l'entrepreneur de la subsistance publique.

Une conséquence heureuse de cette constitution des ouvriers en corporations ou *colléges* fut la centralisation des meilleures méthodes connues, le respect de la tradition professionnelle et de toutes les règles de l'art contenues dans la *loi du collége;* puis cette méthode éprouvée fut colportée au loin par les membres de la corporation détachés à la suite des légions. C'est ainsi que l'unité de méthode se fonda et se répandit dans tout l'empire, et que l'on retrouve, pour ainsi dire, la même main sur tous les monuments de l'époque romaine, aussi bien à l'Orient qu'à l'Occident.

L'auteur termine ce chapitre en retraçant les règles qui furent alors suivies pour les expropriations nécessaires à cet immense système de constructions.

CHAPITRE IV.

Procédés généraux et matériaux de construction.

Pour satisfaire à ce besoin de couvrir de constructions tout un monde, les Romains durent abandonner la tradition compassée des Grecs et des Pélasges, et créer à leur taille une méthode toute nouvelle.

Il leur fallait, dans les contrées les plus déshéritées, créer de grandes choses avec rien ou presque rien, sans matériel, sans apparaux; ils répudièrent les masses monolithiques de la construction pélasgique et grecque pour des matériaux de plus faible échantillon réunis par des mortiers bien faits, et, pour couvrir leurs baies, ils empruntèrent aux

Étrusques la voûte en plein cintre et à claveaux, remplaçant les immenses plates-bandes usitées avant eux. Puis, par une savante division du travail, enfermant chaque ouvrier, chaque manœuvre même, dans une spécialité fort simple à apprendre sans long apprentissage, ils réussirent à constituer partout, sous la conduite de quelques architectes, des officiers des légions et d'un fort petit nombre d'ouvriers spéciaux, avec les travailleurs les moins habiles, d'immenses chantiers capables des travaux les plus difficiles et les plus gigantesques. Après avoir produit de nombreux exemples de cette division du travail qui se poursuivait bien plus que de nos jours, même dans l'organisation professionnelle des villes, l'auteur décrit les instruments des arts, puis les outils connus de chaque corps d'état, les engins et apparaux des chantiers, le système des échafaudages, enfin, les manœuvres de force capables de nous étonner même aujourd'hui, de façon à reconstituer complétement sous nos yeux le chantier antique.

L'ouvrage passe ensuite en revue la série des matériaux employés, les règles qui présidaient à leur choix et à leur mise en œuvre; la fabrication des briques, de la chaux, leur emploi, les qualités recherchées pour les pouzzolanes et les sables, la composition, la préparation et l'emploi des mortiers et des enduits, du béton ou plutôt du blocage antique qui joua un rôle si important dans la construction romaine, en vertu du principe que nous avons rappelé plus haut; puis il décrit dans leurs détails les nombreux appareils de maçonnerie usités : grand, moyen et petit appareil, *opus revinctum*, *reticulatum*, *spicatum*, *incertum*, *diamecton* et *emplecton*, etc.

Après avoir rappelé les procédés mis en usage et les soins apportés dans l'exécution de ces maçonneries, avoir cité un grand nombre d'exemples frappants, revue que nous devons trop écourter à notre gré, parce qu'elle renferme plus d'un enseignement dont la pratique moderne pourrait faire son profit, l'auteur arrive à étudier dans leurs détails les systèmes antiques de fondation à sec, dans l'eau et à la mer : on trouve déjà les larges empatements, les pilotis, les grillages, les libages; pour les fondations dans l'eau, on sait parfaitement détourner la rivière, ou bien couler sans épuisement du béton de pouzzolane dans une enceinte en pilotis jointifs ou dans une caisse sans fond coulée à l'emplacement de la pile; on faisait au besoin des batardeaux en argile pilonnée entre deux files de pieux, et l'on épuisait ensuite pour monter la maçonnerie à sec, sur des pilotis; dans les travaux à la mer, les

Romains eurent bien longtemps avant nous l'idée des fondations par blocs artificiels. La description donnée par Vitruve du procédé de fondation des jetées du port de Samos et de *Centum-Cellae* (Civita-Vecchia) ne laisse aucun doute à cet endroit. Avant nous encore, avant la construction de la digue de Cherbourg, à la fondation du môle d'Ostie et du pont sur le Danube, ils employèrent les caissons chargés et coulés à fond; comme nous, ils surent fonder les jetées à *pierres perdues* dans la zone où l'agitation ne se transmet pas, puis couler sur le couronnement convenablement dressé des caissons en maçonnerie, comme nous le faisons avec nos blocs artificiels.

Et pour dresser et régler ces enrochements, les Anciens, au témoignage d'Aristote, employaient des scaphandres (plongeurs armés de tubes communiquant avec l'air) ou des cloches à plongeur descendues verticalement.

Malheureusement, comme nous le verrons à propos des ponts, les Romains ne surent pas se garder contre les affouillements, danger que nous n'avons, du reste, appris à bien connaître que depuis un siècle; c'est par là que le plus souvent leurs ouvrages périrent.

Il est difficile de résumer, même succinctement, les détails curieux donnés ensuite sur la construction des murs isolés, des murs de soutènement entrepris avec un luxe et une variété de solutions et de précautions fort ingénieuses, que l'économie imposée à nos œuvres modernes ne permet pas assez d'imiter. La moindre partie de l'œuvre antique révèle chez le constructeur un merveilleux sentiment instinctif de l'art!

Nous avons hâte de parler des voûtes et de l'étonnant parti que les Romains surent en tirer.

La voûte en plein cintre fut le triomphe de l'appareilleur antique: extradossées parallèlement à claveaux égaux, elles ont leurs joints exécutés, dans la pratique la plus courante, comme ceux du grand appareil, avec une précision qui stupéfie. Parfois, pour les voûtes en très-grand appareil, la douelle est formée par des anneaux parallèles, indépendants, comme des arcs-doubleaux juxtaposés, restés après quinze siècles en contact parfait, sans tassement, tant l'assemblage en a été précis! Quelquefois on écarte même ces anneaux à la façon de nos arcs de ponts métalliques, et on leur fait porter à l'extrados des dallages ou des garnissages en béton.

Les Romains surent faire avec la même perfection des descentes incli-

nées, des berceaux coniques ou biais, en les formant encore d'anneaux parallèles, cylindriques à l'extrados et coniques ou biais seulement à l'intrados.

Ils firent un très-faible usage de l'arc de cercle, qui ne semble pas leur avoir inspiré toute confiance, ou bien ils le déchargèrent par une voûte plein cintre supérieure; quand ils l'employèrent seul pour les arches de pont, par exemple, ils ne lui donnèrent jamais une flèche moindre que le tiers de l'ouverture.

Les Anciens exécutèrent aussi dans leurs monuments des voûtes d'arête, des voûtes sphériques ou en cul-de-four, des coupoles de 30 mètres de diamètre, des voûtes en arc-de-cloître ou des arcs plats rachetés par des demi-berceaux.

L'habileté acquise par leurs appareilleurs dans la taille des claveaux se révèle partout, jusque dans l'assemblage le plus commun des pavages ou dallages en *incertum* : ils procédaient de proche en proche, relevant avec une exactitude étonnante les angles et les détails d'une pierre en œuvre pour les transporter avec des cerces ou des équerres en plomb sur la pierre complémentaire, qui venait alors comme se mouler sur la première.

Ils exécutèrent aussi des murs et des voûtes en blocages ou béton pour réservoirs sur le noyau à déblayer taillé comme forme et comme cintre. Ils réussirent même à appliquer les voûtes en béton à la couverture des édifices et des grandes salles : pour obtenir alors une surface d'intrados plus flatteuse à l'œil, en même temps que pour diminuer l'importance et le temps d'immobilisation des cintres, dont ils furent toujours très-ménagers, ils maçonnaient sur les couchis un faux cintre ou carrelage général en briques, sur lequel ils battaient le béton; on construisait de la sorte avec une économie, une rapidité et une solidité extrêmes les plus grands berceaux. Pour les plus grandes portées, on renforçait la voûte par des arcs-doubleaux en briques à plat, convenablement espacés et entre-toisés eux-mêmes par des bandes transversales, formant des caissons qui se remplissaient de béton ; avec des arcs convergents, on fit encore de cette façon des voûtes en coupole. Cette pratique conduisit les constructeurs, même dans les travaux publics, à réduire les voûtes à un certain nombre d'arcs isolés parallèles, recevant un dallage général ou un garnissage en blocages, comme nous le faisons pour nos arcs métalliques.

Cette solution si économique fut précieusement recueillie par le Moyen-

Age pour la couverture de ses immenses nefs ogivales : on réduisit le travail délicat de l'appareilleur à la façon et à la pose des seuls *arcs-doubleaux*, *arcs fermerets* et *arcs de croix*, et on laissa à un remplissage plus ou moins grossier le soin de garnir les vides laissés entre ces *nerfs* qui supportaient tout le système.

Quel profit ne trouverait pas la pratique moderne à fouiller plus souvent dans l'héritage antique!

En charpenterie, ils connurent presque tous nos modes d'assemblage; les fermes antiques ne différaient pas des nôtres; avec des sous-arbalétriers, de doubles entraits, des aiguilles pendantes et des entures, ils exécutèrent des fermes de 24 mètres de portée.

Ils construisirent des ponts en charpente droits ou en arc, avec balustrades en treillis ou en croix de Saint-André.

Pour les cintres, ils économisèrent avec grand soin la hauteur et le cube de bois nécessaire : à cet effet, ils les faisaient partir seulement des joints de glissement des voussoirs, en les appuyant là sur des encorbellements formés par une saillie spéciale de ces voussoirs, cordon qu'on retrouve fréquemment dans les voûtes antiques. Pour des berceaux un peu longs, ils devaient employer un cintre partiel qu'ils faisaient glisser parallèlement à lui-même d'un anneau à l'autre.

Pour déterminer les dimensions à donner aux parties de leurs constructions, les Romains n'eurent à leur service que l'exemple des monuments antérieurs et le sentiment d'une sorte de mécanique ou de statique naturelle.

Il était intéressant de rechercher à quels résultats ils ont été conduits par ces données empiriques : l'auteur a trouvé pour un grand nombre d'ouvrages que la charge maxima par centimètre carré sur les maçonneries a varié de 5 à 24 kilogrammes, avec une moyenne de 17^k,410, quand, pour les ouvrages modernes comparables, nous ne trouvons que 8^k,790 ; la charge antique devait donc atteindre parfois le quart de la charge de rupture, étant donnée la dureté médiocre des matériaux employés alors en raison de la faible résistance des outils dont on disposait; mais cette hardiesse était rachetée par la précision admirable des joints et de la pose, la profusion des parpaings, l'absence de cales et de mortier dans les joints, toutes précautions qui supprimaient presque totalement les tassements et les dislocations qu'il nous faut si largement prévoir et escompter dans la pratique moderne.

Bien que nos maçonneries portent une charge de moitié plus faible que les maçonneries romaines, il ne faut pas croire que ce résultat s'obtienne de nos jours aux dépens de la sveltesse des ouvrages ; en prenant, en effet, les rapports du vide au plein et du vide à la surface latérale totale, M. Leger trouve les moyennes suivantes :

	RAPPORTS	
	du vide au plein.	du vide à la surface totale.
1° PONTS.		
Ponts romains	1.426	0.587
Ponts modernes	2.282	0.695
2° AQUEDUCS.		
Aqueducs romains	0.837	0.438
Aqueducs modernes	1.747	0.635

Nos ouvrages sont donc incomparablement plus élancés : cela tient à la meilleure répartition des charges indiquée par l'analyse moderne, à l'agrandissement des débouchés par l'abandon du plein-cintre, à l'élargissement méthodique des piles et des bases, à l'addition de simples contreforts latéraux, à la suppression des piles-culées, à l'élégissement des tympans, etc.

Toutefois, la construction romaine gagnait beaucoup en légèreté sur celle des Phéniciens, comme ceux-ci avaient gagné eux-mêmes sur les Indous et les Égyptiens ; nous avons encore réalisé de nouveaux progrès, et c'est ainsi que se vérifie la loi architecturale des *dimensions décroissantes.*

La surveillance et l'entretien courant manquèrent aux ouvrages antiques : on ne les réparait que lorsqu'ils menaçaient ruine ; les Romains semblent bien avoir eu conscience du danger qui attendait leurs œuvres, quand ils les créaient avec tant de luxe et de soins, comme pour défier les effets du temps autant que de l'incurie des hommes.

L'auteur a cherché à reconnaître les styles qui marquèrent les constructions des diverses époques romaines : quoique l'entreprise soit plus difficile pour les œuvres d'utilité publique, généralement plus sobres d'effets et d'ornementation, il est parvenu cependant à les classer entre trois époques, et à fournir le moyen de fixer un âge à un monument romain.

Après l'exposition de ces données générales, l'auteur entre dans l'étude détaillée de chacune des grandes sections spéciales des Travaux Publics.

CHAPITRE V.

Voies romaines.

Dans les premiers siècles de la République, la viabilité resta à l'état rudimentaire, desservant simplement les relations locales; mais, trois siècles avant notre ère, les Romains empruntèrent aux Carthaginois l'idée des *chaussées pavées;* ce dut être pour le temps une révolution comparable à celle des chemins de fer pour le nôtre; à partir de ce moment se développa sans relâche le magnifique réseau de *voies militaires*, rayonnant de la capitale sur tous les points importants de l'empire; un immense réseau provincial ou *vicinal* se greffa sur celui-ci, et se compléta lui-même par une infinité de chemins *agraires;* ces trois systèmes correspondent à nos routes nationales, départementales et vicinales.

Les grandes voies militaires, conçues dans des vues politiques et stratégiques, rendirent aux pays traversés de moindres services que les voies *vicinales*, mieux comprises par l'intérêt local.

Nous retrouvons le système des grandes voies décrit dans les documents des géographes latins et grecs, et dans les *itinéraires notés* et *tracés*. Les fouilles et les travaux des archéologues reconstituent tous jours les réseaux secondaires.

La voie romaine avait en principe 8 pieds romains ($2^m,384$) de largeur entre les trottoirs ou *marges;* c'était l'espace minimum nécessaire au croisement de deux chars, dont les roues étaient écartées de $1^m,15$ à $1^m,20$, sans moyeux saillants. Dans les villes, les voies s'élargissaient jusqu'à $4^m,00$ et $7^m,80$, non compris les trottoirs, qui avaient rarement plus de 2 pieds ($0^m,59$) de largeur avec une saillie de $0^m,20$ à $0^m,30$.

L'auteur a cherché à rapporter aussi fidèlement que possible l'organisation spéciale du service des voies, le mode de règlement des dépenses pour la construction et pour l'entretien, puis tous les détails d'exécution

des voies et de leurs accessoires. Ces routes étaient de véritables constructions maçonnées avec leurs quatre assises superposées : *statumen*, *rudus*, *nucleus* et *summum dorsum;* obligé de limiter ce résumé, nous devons renvoyer à l'ouvrage pour tous les détails de ces travaux, pour le choix, la disposition des matériaux employés, comme pour l'étude des règles qui présidèrent au tracé des routes, à l'emploi des courbes et des pentes.

Les Romains entreprirent pour la traversée des vallées de magnifiques remblais ou viaducs, et de remarquables tranchées pour le passage des faîtes et des contreforts; les tranchées dans le roc furent toutefois assez rares ou d'une très-médiocre importance, en raison de la faiblesse des moyens d'attaque; ils préférèrent faire des tunnels en limitant le déblai à la section strictement nécessaire; il en sera de même pour le passage de leurs aqueducs.

Les routes, en outre des trottoirs continus, étaient bordées de *montoirs*, de *bornes milliaires* (le *mille romain* était de 1481^{m},77), et d'autres monuments exceptionnels.

A des distances réglées, comme relais et gîtes d'étapes, étaient réparties des *mutations*, des *mansions* et des *stations*, sortes de maisons de poste où l'État entretenait des chevaux et des voitures de poste, et fournissait aux courriers et aux fonctionnaires munis de passe-ports spéciaux le gîte et les vivres nécessaires. Les Romains avaient donc tout un matériel d'exploitation de ces voies pour le transport des dépêches impériales et des envoyés du prince; tout était réglé minutieusement, avec les idées les plus modernes, pour le fonctionnement de ce service officiel, pour les dimensions et les types des voitures des *courses rapides* et des *courses pesantes* (charrois officiels à petite vitesse); ces règlements conservés démontrent incidemment la faiblesse des charges imposées alors aux véhicules.

Tout à côté encore, pour surveiller et protéger la circulation sur ces routes, s'élevaient sur tout leur parcours, notamment à la traversée des pays peu sûrs, des passages dangereux, aux embranchements, un système considérable de postes fortifiés plus ou moins importants, villes fortes, *castra stativa*, *castella* et *oppida*. On reste stupéfait d'admiration devant une organisation aussi complète et aussi puissante, qui n'a rien laissé à inventer après elle.

L'auteur aborde ensuite l'étude de l'immense réseau de ces voies qui couvrit toute la surface de l'empire de ses mailles serrées, en mettant

toutes les provinces, pour ainsi dire, à la portée de la capitale et de la volonté souveraine de l'empereur.

Après avoir décrit le réseau des voies de l'Italie, les passages des Alpes, les voies de l'Helvétie, les traversées des Pyrénées, les réseaux de l'Espagne, de la Grande-Bretagne, de l'Afrique, de l'Asie, etc., l'ouvrage s'arrête plus complaisamment sur le réseau de la Gaule, dont il retrace le plan ingénieux avec toutes ses ramifications. On a déjà retrouvé aujourd'hui sur notre territoire un ensemble de près de 30,000 kilomètres de ces grandes voies, pour desservir alors les relations de 8 millions d'individus; le système correspondant de nos routes nationales et départementales compte aujourd'hui 172,347 kilomètres pour une population de 36 millions d'âmes; la proportion est à peine un peu plus forte, et nous retrouvons tous les jours de nouvelles traces.....

On rencontre dans la comparaison des réseaux gallo-romain et français bien d'autres rapprochements curieux à faire : on voit desservir aux deux époques les mêmes directions, les mêmes courants de circulation; les grandes lignes anciennes et modernes se suivent, se côtoient au point de se confondre souvent; le réseau gallo-romain, rapproché de notre réseau ferré surtout, offre un parallélisme étonnant et les plus frappantes coïncidences.

Il y a plus : en récapitulant, d'après les Tables antiques, l'ensemble des seules grandes voies militaires dans les limites de l'ancien empire romain, on trouve un total de 79,500 kilomètres, et dans le même périmètre on trouvait, au 1er janvier 1870, une longueur de 76,569 kilomètres de voies ferrées; l'égalité s'est faite aujourd'hui. Ce rapprochement donne une idée assez précise de ce que fut cette seule partie de l'œuvre antique, sans parler des réseaux *provincial* et *agraire*.

Pour donner une autre mesure de l'importance de cette création, l'auteur ajoute qu'aux prix actuels (qui ne différaient pas sensiblement des prix anciens) on ne saurait calculer à moins de 80 à 90 fr. par mètre courant de voie militaire la dépense de ces constructions particulièrement soignées; le seul réseau militaire représenterait donc une valeur de 6,758 millions de francs; notre réseau total français (routes et chemins vicinaux) a coûté 6 milliards, et nos 21,000 kilomètres de chemins de fer 9,329 millions.

CHAPITRE VI.

Ponts et Viaducs.

Les Romains ne reculèrent pas devant les travaux les plus considérables pour assurer la traversée continue par leurs voies des plus grands cours d'eau; mais les difficultés de ces constructions les empêchèrent de les multiplier; c'est que pour la part si grande laissée à l'initiative locale ou particulière, les grands sacrifices, en dehors des villes et de la vue du grand nombre, tentaient moins la vanité des citoyens. Quoi qu'il en fût, les Romains ont laissé des ponts-routes et des ponts-aqueducs encore assez nombreux et assez beaux pour montrer qu'aucun obstacle en aucun genre n'était capable de les arrêter !

Certains cours d'eau furent traversés à gué ou en bac; ailleurs, on fit des ponts de bateaux, de radeaux ou de chevalets, surtout à titre provisoire, pour le service des armées en campagne; on exécuta des ponts fixes en bois, des ponts mixtes en pierre et bois, tous systèmes qui sont soigneusement décrits dans l'ouvrage.

Mais la plupart des ponts furent construits en pierre; certains viaducs atteignirent 50 mètres de hauteur, des arches eurent jusqu'à 42m,50 d'ouverture, dimensions que nous avons rarement dépassées.

Dans la construction de ces ouvrages délicats, les Romains ne se départirent pas du plein cintre, ou s'ils le surbaissèrent, pour diminuer les surélévations et les montées trop fortes, ce fut bien timidement, en ne donnant jamais à la flèche moins du tiers de l'ouverture.

Les piles formant toujours culées diminuèrent trop souvent le débouché déjà masqué par les grands tympans du plein cintre, et avec d'autant plus de danger que les fondations manquant de protection et d'encrèchement étaient moins capables de résister aux affouillements; les ponts romains périrent trop souvent par les fondations; ceux qui sont parvenus jusqu'à nous ont dû leur salut à une solidité particulière du terrain sur lequel ils ont été fondés. La pratique romaine à cet endroit trop servilement imitée par le Moyen-Age, a eu les mêmes conséquences désastreuses.

Comme les voies, les ponts n'eurent ordinairement que de faibles largeurs entre les têtes, de 4 à 8 mètres, même dans les villes; leur chaussée était bordée de trottoirs et de parapets élevés; elle était établie sur un massif général de blocages garnissant les voûtes et les tympans.

Le plus souvent, la chaussée était horizontale au milieu du pont, et se raccordait avec les rives par deux contre-pentes fort raides, en passant sur des arches latérales plus petites, ou bien les deux contre-pentes s'étendaient continues en dos-d'âne, en passant sur des arches symétriquement décroissantes à partir d'une arche médiane maîtresse.

Les piles, rarement descendues assez profondément, étaient garnies de becs généralement triangulaires, et construites en grand appareil, quelquefois cependant avec un simple parement en pierre de taille et un remplissage en béton.

Les voûtes furent presque toujours extradossées parallèlement, quelquefois se détachant en archivoltes moulurées; on retrouve des traces du montage des cintres.

Les murs de tête et les tympans étaient plus ou moins richement ornés; ces derniers étaient souvent évidés pour accroître le débouché des crues.

Le plus ordinairement, l'ensemble de la construction avait en élévation latérale les proportions architectoniques d'un portique dorique ou toscan.

L'auteur a recherché les règles empiriques qui purent guider les anciens constructeurs pour les dimensions à donner aux piles, aux voûtes, etc.; au milieu de variations assez contradictoires, on n'a pu établir que des moyennes, qui restent encore fort intéressantes. La moyenne des rapports de l'épaisseur des piles aux ouvertures est de 0,320; elle est de 0,262 dans nos ponts, 0,215 dans nos viaducs de chemins de fer, et même 0,172 dans les viaducs anglais. En calculant dans chaque cas les dimensions des piles, on reconnaît que les épaisseurs antiques satisfaisaient avec une précision fort curieuse à la condition de faire culée, et le fait se vérifie parfaitement en pratique.

Il n'était pas moins instructif de connaître le rapport de l'épaisseur des voûtes aux ouvertures; on trouve encore, au milieu d'écarts assez sensibles, une moyenne de 0,086 pour les ponts; ailleurs, pour les baies d'édifices lourdement chargées, on trouve 0,116, et pour les voûtes des

ponts-aqueducs 0,138; ce qui accuse un juste sentiment des exigences de ces différentes constructions, auxquelles il fallait assurer une résistance de plus en plus grande.

L'application des formules de Perronet et de M. Léveillé révèle dans les dimensions antiques un très-grand excès de solidité; nous nous en sommes affranchis : nos ponts modernes donnent pour la moyenne correspondante 0,039, les ponts de chemins de fer 0,066, les viaducs anglais 0,046; mais nos matériaux sont généralement choisis plus durs et plus résistants.

La charge maxima par centimètre carré imposée aux ponts romains paraît avoir été en moyenne de 12k,41, moindre que la moyenne générale donnée précédemment; une prudence instinctive semble alors avoir poussé à décharger les bases si menacées de ces ouvrages.

En élévation latérale, ces ponts, avec les immenses tympans laissés par le plein cintre, avec la grande épaisseur des piles-culées, furent beaucoup moins *dégagés* que les nôtres; le vide est à peine supérieur au plein (0,587 de la surface totale), tandis que la moyenne atteint 0,695 dans nos ponts modernes.

Nous ne pouvons malheureusement pas, dans ce résumé, reproduire le parallèle entre les constructions antique et moderne, ni donner la description détaillée des plus beaux spécimens de l'art romain, représenté dans l'ouvrage par les neuf ponts de Rome, ceux de Narni, de Rimini, d'Auguste, Salaro, de Vicence, en Italie; ceux de l'Argens, Flavien, d'Arles, Ærarius, du Rhône, de Vienne, de Lyon, Julian, de la Pile, d'Ambrois, de Sommières, de Boisseron, de Saintes, de Lutèce, etc., dans la Gaule. On nous en cite encore d'autres dans l'Helvétie, dans la Germanie; puis en Espagne, ceux de Martorell, de Cuença, de Cordoue, d'Évora, de Mérida, d'Alcantara, d'Alconetar, d'Orense, d'Almazan, de Salamanque; en Afrique, ceux d'El-Kantra, de Constantine; d'autres encore en Asie, en Cilicie, etc.

L'auteur termine ce chapitre en montrant l'influence incontestable que ces modèles exercèrent sur les constructions du Moyen-Age.

CHAPITRE VII.

Rivières et Canaux.

Les travaux hydrauliques entrepris par les Romains comprirent :

1° Des améliorations de rivières ;

2° Des canaux de navigation ;

3° Des travaux de desséchement.

I. Amélioration de rivières. — Les pentes trop peu ménagées sur leurs voies, l'imperfection des véhicules et des attelages rendirent la fréquentation des routes difficile aux lourds charrois ; le rendement des transports sur essieux étant très-faible, le mouvement commercial se porta de bonne heure du côté des voies fluviales, et cette direction resta toujours préférée.

Après avoir décrit le réseau navigable de l'Italie, de la Gaule, de l'Espagne, de la Pannonie, etc., et le parti qu'on sut en tirer, M. Leger passe en revue quelques travaux d'amélioration des rivières, et l'organisation puissante de la corporation des bateliers, qui furent de véritables armateurs par la main desquels passa tout le commerce antique.

II. Canaux de navigation. — Les Romains touchèrent à toutes les branches de notre art ; ils exécutèrent des travaux de canalisation gigantesques, *canaux latéraux* et *canaux à point de partage*.

Pour éviter de doubler les caps dangereux, ou pour passer d'un bassin dans un autre, en supprimant de grands détours par mer ou les pénibles transbordements nécessités par la traversée des faîtes, ils firent des *canaux à point de partage*. C'est ainsi qu'ils entreprirent de relier le Tibre au lac Averne ou au golfe ou port de Pouzzoles, et de percer l'isthme de Corinthe, comme Xerxès l'avait essayé pour le mont Athos ; puis ils réunirent le Rhin à la Meuse, la Saône à la Moselle ou la Méditerranée à la mer du Nord, pour épargner à leurs flottes le détour par les Colonnes d'Hercule (Gibraltar).

Pour résoudre ces problèmes, ils surent retenir les eaux et modifier leur niveau par des portes de pertuis, dont parlent Diodore de Sicile, Strabon et Pline le Jeune; quant aux moyens employés pour franchir les faîtes, nous sommes sur ce point un peu réduits aux conjectures : ils devaient creuser de grandes tranchées et dériver l'une des rivières dans l'autre, en maintenant le niveau par une série de barrages qu'on franchissait au moyen de lâchures; c'est le système que semble décrire Pline dans une lettre à Trajan; c'est la solution que nous trouvons, d'ailleurs, appliquée près de Rome : un émissaire de dérivation, exécuté par les Romains, déchargeait les eaux du Velino dans la vallée voisine de la Néra pour diminuer le volume des crues qui désolaient la première vallée. Le canal de Suez, qui joignait la Méditerranée à la mer Rouge, était aussi un canal à point de partage.

Ils entreprirent encore de plus intéressants ouvrages pour la *canalisation latérale*, surtout pour tourner les difficultés des barres aux embouchures des fleuves.

Comme le problème est demeuré tout actuel et se pose encore aujourd'hui, à dix-huit siècles de distance, dans les mêmes termes qu'à l'époque romaine, qu'après l'essai infructueux de solutions nouvelles nous revenons à la solution magistralement indiquée par eux du premier coup, et appliquée de leur temps avec une généralité qui étonne, et comme pour rendre compte des profonds changements survenus dans le cours de tant de siècles sur le littoral maritime, avançant les rivages, obstruant les ports, isolant les villes, enfouissant de magnifiques créations humaines, il est nécessaire de bien connaître les phénomènes qui travaillent sans relâche à ces bouleversements, l'auteur a refait dans le présent et dans le passé l'histoire de la marche des alluvions fluviales et des modifications qu'elles engendrent; nous trouvons résumées à ce propos toutes les observations et toutes les théories modernes sur la formation des deltas et des estuaires, des cordons littoraux, des barres des fleuves, des atterrissements latéraux, de l'appareil et des courants littoraux, de l'avancement des rivages, sans oublier cette autre cause de perturbations profondes, les oscillations du sol terrestre; après avoir rejeté un certain nombre d'erreurs et de préjugés admis trop facilement jusqu'ici, M. Leger aborde l'étude comparative des deux systèmes appliqués pour faciliter l'accès des fleuves, le système antique de la *canalisation latérale* auquel on est forcé de revenir aujourd'hui, et le système moderne du *resserrement des embouchures* essayé sans succès durable;

les deux solutions, par une fortune singulière, ont été conjointement et successivement appliquées aux deux époques sur les mêmes fleuves, tant sont immuables ces problèmes, au Tibre comme au Rhône, au Nil comme au Pô, au Rhin comme au Danube.

Après avoir fait l'histoire de ces entreprises aux deux époques et montré que la victoire est restée au système romain, amélioré et complété par la grande invention des écluses à sas, qui nous rendent absolument maîtres de l'économie des canaux artificiels, l'auteur décrit, à propos du Nil, les grands canaux successivement exécutés pour franchir l'isthme de Suez, avant l'œuvre française, par Sésostris, Darius, Ptolémée, les Romains et les Arabes.

III. Canaux de desséchement. — Les Romains apprirent des Étrusques l'art de drainer et de dessécher les marais, si nombreux dans les terres d'alluvion et les plaines de leur pays; ils firent de magnifiques travaux pour le desséchement des marais du Pô.

Le plus grand problème, qui se posa à leur science, fut déjà l'assainissement des Maremmes et des Marais Pontins; la situation, moins grave encore qu'aujourd'hui, reçut de leur temps une solution satisfaisante; mais l'auteur nous montre cette situation empirant graduellement et sans relâche jusqu'à nos jours, triomphant rapidement des efforts successifs de César, d'Auguste, de Nerva, de Trajan, de Théodoric, de Léon X, de Sixte-Quint, d'Innocent XII, de Pie VI, de Pie VII; Napoléon, avec l'aide de Prony, eût pu toucher au succès, mais il n'eut pas le temps d'exécuter un projet remarquable, et le problème reste encore posé de nos jours.

Ils opérèrent heureusement le desséchement de lacs dangereux et insalubres pour le voisinage; ils faillirent réussir à abaisser le niveau du lac Fucin, par un tunnel de 5,640 mètres; le succès définitif de cette belle entreprise a été réservé à notre époque et à des ingénieurs français.

On trouve dans l'œuvre antique quelques travaux de réservoirs et de retenue des eaux; ces ouvrages ne semblent pas avoir servi à l'irrigation, mais à l'alimentation des villes et des naumachies; ce furent les Arabes qui importèrent en Europe le grand art des irrigations alimentées dans les pays chauds par des réservoirs artificiels.

CHAPITRE VIII.

Ports.

Ce chapitre, comme le précédent, éclaircit les points les moins connus de l'œuvre antique. La navigation maritime tint, avec la navigation fluviale, une grande place dans le système de circulation et d'échanges; toutes deux offrirent les moyens les plus économiques de transport, et les ports, surtout aux embouchures, pour servir de points de soudure et de transbordement, eurent une très-grande importance.

Les lignes de navigation suivies alors nous sont données par les *itinéraires maritimes*, marquant la position, l'éloignement et les ressources de tous les points de relâche.

Avant de parler avec détails des *constructions maritimes*, l'auteur donne des renseignements sur les *constructions navales*, sur les proportions et la construction des vaisseaux antiques; puis il résume les principales données de la navigation ancienne, qui ne se borna pas à des voyages côtiers, mais sut parfaitement se lancer dans la haute mer en se guidant sur les étoiles.

Les Romains eurent des *ports naturels* et des *ports artificiels;* les premiers furent plus nombreux que de nos jours en raison du plus faible tirant d'eau des navires antiques. Ils surent aussi créer leurs ports de toutes pièces avec un luxe et une magnificence que les plus beaux des nôtres ne rappellent pas.

Les ports étaient protégés, du côté du large, par des môles, des jetées, des brise-lames, pour la construction desquels le génie inventif des Anciens se donna pleine carrière; comme nous, ils eurent souvent à lutter contre les courants latéraux d'alluvions et de galets qui ensablent nos passes et nos bassins, et pour cela ils essayèrent à peu près de tous les procédés auxquels nous avons recours.

Ces jetées étaient garnies de postes fortifiés, de phares, de postes de surveillants; nous connaissons les dimensions des passes et des chenaux, leur orientation, etc.

Des bassins étaient fréquemment creusés à l'intérieur des terres et munis de quais en bois ou en maçonnerie, avec escaliers et bornes ou boucles d'amarrage, le tout d'un luxe inconnu de nos jours; le port

était complété par un vaste système d'entrepôts, de magasins d'agrès ou d'approvisionnements, de casernes, de portiques, de cales couvertes pour les navires désarmés avec leurs avant-cales inclinées pour la mise à flot, de temples, de thermes, de palais pour les officiers du port, de citernes pour l'eau douce, de viviers, etc.; le port, militaire ou marchand, était toujours fermé et isolé de la ville par une enceinte continue plus ou moins bien fortifiée avec des portes gardées; un *castrum* ou château-fort avec des tours détachées complétait la défense contre les coups de main; on trouvait encore souvent dans le port une naumachie pour les jeux nautiques.

Après avoir donné les plans généraux d'un certain nombre de ports antiques, révélés par les fouilles, décrit avec détails leurs curieuses annexes et rappelé les procédés de construction suivis dans ces travaux difficiles, M. Leger dépeint l'installation des ports d'Ostie, d'Antium, de Terracine, Misène, Pouzzoles, Tarente, Brindes, Ancône, Rimini Ravenne, Civita, la Lune, Messine, puis Fréjus, Marseille, les Fosses-Mariennes, Narbonne, Bordeaux, et passe ensuite aux ports de l'Espagne, de l'Afrique, et, parmi ces derniers, il décrit les plus remarquables, ceux d'Alexandrie, de Dimas, et enfin de Carthage, dont l'auteur a réussi à reconstituer le plan complet.

Comparant, en dernier lieu, les éléments principaux des ports antiques et des ports modernes, surface des bassins et développement des quais, qui atteignaient parfois 112 hectares et 6,000 mètres à Ostie, 98 hectares et 5,200 mètres à Misène, 368 hectares et 1,500 mètres à Alexandrie, il fait ressortir, d'après les moyennes générales aux deux époques, que les besoins plus grands du trafic, du transbordement plus rapide ont fait de nos jours doubler la longueur des quais rapportée à la surface des bassins; les exigences croissantes de la navigation à vapeur tendent sous nos yeux à les faire quadrupler, et même au delà.

CHAPITRE IX.

Phares.

On avait souvent décrit certains phares remarquables de l'Antiquité, mais on ne connaissait de ces ouvrages ni l'ensemble complet ni le rôle

important qu'ils jouèrent dans la pratique ancienne; l'auteur est parvenu à jeter un jour nouveau sur cette question.

Pour éclairer la navigation *côtière*, autant que pour corriger l'*estime* de la navigation *hauturière*, plus aventureuse que de notre temps, pour guider les navires dans la traversée des détroits, dans le passage des continents aux îles, pour signaler les passes aussi bien que les écueils, il fallut bien avoir un système complet de signaux réunissant toutes les fonctions dévolues aux quatre ordres de nos phares modernes.

Les anciens phares les plus remarquables ou les mieux connus sont ceux d'Alexandrie, d'Ostie, de Ravenne, de Pouzzoles, de Boulogne et de Douvres; mais, avec ceux-là, on en trouve décrit un grand nombre d'autres dispersés sur tous les points du monde ancien, ceux d'Athènes, de Rhodes, d'Ancône, de Civita-Vecchia, de Caprée, de Messine, d'Aquilée, de Fréjus, des Fosses-Mariennes, d'Arles, de la pointe d'Aboukir, de Corycus, d'Apamée, d'Hermonax, de Chipiona, de la Galice, de la Corogne, etc., dont l'existence est révélée par des médailles, des ruines ou des descriptions anciennes.

Pour remplir exactement leur office et se faire distinguer sans erreur, ces ouvrages se singularisaient par leur forme extérieure pour le jour, et par la disposition des baies éclairées de leur coupole pour la nuit, car l'éclairage variait peu et était obtenu par de grands feux de bois résineux brûlant sur une plate-forme généralement couverte; on trouvait auprès ou à la base du phare le logement des gardiens, les magasins de combustibles, etc.

A côté de ce système, sur certains points du littoral, on en rencontrait un autre qui rappelle celui de nos postes sémaphoriques, et se composait de tours diversement groupées : ces postes devaient expédier des signaux, si l'on en juge par les drapeaux arborés sur leurs plates-formes et représentés sur les médailles.

Les ingénieurs anciens déployèrent toute leur habileté bien connue dans la construction de ces ouvrages particulièrement exposés.

Tout en produisant une liste de 25 ou 30 phares, M. Leger ne pense pas en avoir épuisé le nombre : certaines côtes encore peu explorées par les archéologues en recèlent peut-être d'autres, certains points étaient sans doute éclairés par de simples feux allumés sur une pointe de rocher ou un sommet de montagne; d'autres enfin ont pu complétement disparaître avec les jetées qui les portaient. Au reste, il ne faut pas oublier que, en 1830, au rapport de M. Reynaud, il n'existait encore pas plus

d'une centaine de phares sur le littoral correspondant aux anciennes possessions romaines.

Le Moyen-Age ne fit à peu près rien pour cet utile service ; c'est seulement depuis 1840 que s'est créé, tout d'une pièce, grâce aux découvertes françaises que l'on sait, le merveilleux réseau actuel qui embrasse en Europe 46,000 kilomètres de côtes avec 1,500 phares !

Travaux des villes.

Après ces travaux d'utilité générale, l'auteur étudie les entreprises exécutées dans les villes mêmes ; on doit prévoir que les municipalités, capables de créer au loin autour d'elles de si grandes choses, n'oublièrent pas de se doter magnifiquement elles-mêmes !

CHAPITRE X.

Voirie urbaine.

On a pu par des fouilles exhumer le plan de quelques villes antiques, enterrées vivantes comme Ostie, Herculanum et Pompéi.

Vitruve avait du reste fixé des règles précises pour la distribution et la création d'une ville nouvelle : après des considérations sur le choix de la position, il marquait l'orientation des rues, la position du *forum*, des monuments, des temples, etc.

Les rues étaient généralement étroites, bordées de petits trottoirs ; elles se coupaient à angle droit, avaient un fort bombement et deux ruisseaux latéraux ; les rues principales au moins étaient pourvues d'égouts qui recevaient et enlevaient les produits du balayage.

Dans les villes, on ne trouvait souvent qu'une seule place, le *forum*, quelquefois une seconde pour le marché, *forum venale*.

Les règlements et coutumes de voirie sont bien souvent les modèles que les nôtres reproduisent tous les jours.

Nous possédons des données assez certaines sur la Rome des empereurs, sur Ostie, Pompëi, et sur Bordeaux, au quatrième siècle, dont le plan nous a été transmis.

Partout on rencontre des rues étonnamment étroites, dont la tradition a vécu presque jusqu'à nos jours, surtout dans les régions où la civilisation romaine a laissé sa plus profonde empreinte.

CHAPITRE XI.

Enceintes des villes.

Autant que le dessein de se garantir des ardeurs du soleil, le besoin de diminuer, avec la place perdue, les frais de construction d'une coûteuse enceinte suggéra aux Romains le plan de ces rues étroites. La fortification et la fermeture des villes furent une nécessité des temps anciens, et partant une des premières préoccupations de la conquête romaine. C'est aussi le premier soin que Vitruve recommande au fondateur d'une ville nouvelle. Les villes créées dans les provinces aux deuxième et troisième siècles, à la faveur de la paix qu'elles croyaient éternelle, s'affranchirent de cette sujétion; mais elles le regrettèrent amèrement à la première invasion des Barbares, et durent, après elle, sacrifier impitoyablement leurs plus beaux édifices pour fournir en toute hâte les matériaux nécessaires à leur défense contre de nouveaux dangers. L'auteur a décrit dans son ouvrage les principes, le tracé, la forme et la construction de ces enceintes avec leurs créneaux, leurs chemins de garde, leurs fossés, leurs murailles, leurs tours de flanquement, le mode de soutènement des terres; il a étudié, en outre, la ligne de défense antique, les ouvrages accessoires, le *castrum* ou réduit fortifié, les moyens d'attaque, la disposition des portes, la fortification des diverses positions, avec les précautions et les soins apportés dans l'exécution de ces divers travaux; toutes ces règles sont d'autant plus intéressantes à bien connaître qu'elles ont pendant longtemps fait tous les frais de la fortification du Moyen-Age.

On a retrouvé les traces ou les ruines d'un grand nombre de ces vieilles enceintes; quelques-unes présentaient un front d'un développement incroyable; mais, comme il arrive d'ordinaire dans les villes fermées, l'entassement des individus prit souvent des proportions effrayantes : dans l'ancienne Rome, la densité était quatre fois plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui à Paris, et l'on retrouvait la même accumulation dans beaucoup d'autres villes de province.

Pour entretenir une salubrité relative dans de semblables milieux, les municipalités durent faire des efforts inouis : en face de cette situation, nous nous étonnerons moins de l'énorme développement qui fut donné aux deux services suivants.

CHAPITRE XII.

Aqueducs.

A défaut d'air et de lumière qui n'arrivaient pas facilement dans ces rues systématiquement étroites, on amena des torrents d'eau; la profusion de l'eau fut alors le grand luxe public, et sans parler des grandes villes, de simples villages, des fermes (*villæ*) eurent leur aqueduc amenant l'eau, souvent de fort loin, avec une abondance non pas relative, mais absolue, que beaucoup de nos villes modernes et de premier ordre pourraient à bon droit leur envier.

Rome, au temps de Frontin, avait déjà neuf aqueducs, amenant journellement 800,000 mètres cubes, sans compter 600,000 autres perdus ou distribués sur leur route. Plus tard, le nombre des aqueducs fut porté à vingt.

Comme il a procédé pour les autres sections, l'auteur a cherché à rétablir le cours complet de distribution des eaux chez les Anciens; il fait connaître l'administration qui présidait à cet important service, l'organisation de la surveillance et des travaux, leur mode d'exécution, le système de concession des eaux, etc.

Les Romains étaient extrêmement exigeants pour la qualité des eaux : ils les voulaient pures, limpides et fraîches; celles qui ne réunissaient pas toutes ces qualités, étaient abandonnées aux services secondaires des bains et des arrosages.

Après avoir exposé les procédés de dérivation, le mode d'expropriation des terrains, l'ouvrage déduit de l'observation les règles qui présidaient au tracé de ces dérivations.

D'un grand nombre d'exemples cités, rapportant les pentes et les sections employées, on peut conclure que les Romains construisirent leurs conduites, presque exclusivement couvertes, avec une section déterminée plutôt pour rendre leur visite facile qu'en vue du débit

suffisant à assurer; ils firent, en somme, des *ruisseaux couverts* débitant tout ce qu'ils recevaient.

Toutes ces galeries furent très-solidement et très-soigneusement construites et enduites, d'après des règles invariables; elles étaient pourvues de regards ou de puits équidistants.

En général, les aqueducs franchirent les ravins et les vallées sur des arcades ou sur des ponts, dont beaucoup sont des merveilles d'architecture. Ces arches, fort solidement construites, généralement à l'abri des affouillements, ont survécu en grand nombre, grâce aux excès de résistance donnés aux voûtes et aux piles. Les détails de la construction de ces grands ouvrages sont remis sous nos yeux avec les dessins et plans à l'appui.

La hauteur souvent considérable de ces ponts-aqueducs fut ordinairement partagée en étages de 18 à 20 mètres d'élévation maxima; on dépassa rarement trois étages, soit une hauteur de 45 mètres; au-dessus, la solution si commode des ponts à siphon se présenta à l'esprit ingénieux des constructeurs antiques.

Les souterrains se rencontrent nombreux sur le parcours des aqueducs, les uns dans le roc sans revêtement, les autres dans la marne avec des muraillements très-curieux; quelques-uns de ces tunnels atteignent 5,000 mètres de longueur.

Pour la traversée des vallées trop profondes, ils eurent recours aux siphons portés encore par des ponts d'un aspect monumental; mais comme le plomb était le seul métal qu'ils pussent employer à la solution du problème, pour permettre aux tuyaux de résister à des pressions de six et huit atmosphères, ils diminuèrent prudemment le diamètre en divisant le siphon en un certain nombre de tuyaux assez petits, disposés en jeu d'orgues; dans la partie basse même, la plus chargée, on dédoublait encore ces tuyaux.

Les eaux, sur le parcours des aqueducs en amont des siphons et des tunnels d'un curage plus difficile, ou avant d'entrer dans les réservoirs de distribution, traversaient des bassins d'épuration diversement disposés et y déposaient leurs limons à la faveur d'un repos relatif; l'ouvrage rapporte un grand nombre de dispositions retrouvées dans les *piscines*, comme dans les réservoirs de distribution ou citernes, en déblai ou en remblai.

Les eaux se distribuaient dans la ville par des conduites en plomb ou en poterie, noyées dans du béton.

Dans certaines villes, les concessions d'eau étaient exactement mesurées et réglées par des prises faites sur les conduites au moyen d'orifices calibrés, dont on nous donne la série. Les concessionnaires cherchaient à frauder par tous les moyens possibles, tant le besoin d'eau était grand, malgré ces distributions incroyables de 2,000 litres par personne.

Le trop-plein ou l'excédant allait à l'arrosage et au lavage des égouts; certaines eaux moins pures, destinées aux bains et aux arrosages, furent distribuées dans la ville par une double ou triple canalisation.

On retrouve pour Rome la nomenclature complète des aqueducs, avec le détail et le développement de leurs parties, le nombre des réservoirs, des fontaines, des lavoirs et abreuvoirs, le partage du volume total entre les différents services. On nous donne le prix des concessions, les formalités exigées pour les obtenir, le prix de revient de certains aqueducs. L'auteur décrit ensuite un certain nombre de ces ouvrages en Italie, puis dans les provinces, avec le détail des principaux travaux d'art qui s'élevaient sur leur parcours; on retrouve des détails sur les aqueducs de Nîmes, Lyon, Metz, Lutèce, Fréjus, Antibes, Arles, Vienne, Autun, Besançon, Lillebonne, Lisieux, Bayeux, Luynes, Poitiers, Saintes, Cahors, Périgueux, Bordeaux, etc.; d'autres encore en Germanie, puis en Espagne, à Ségovie, Tarragone, Mérida, en Afrique, à Carthage, à Byzance, etc.

A la suite de ce tableau d'œuvres magnifiques, l'auteur n'a pu résister au désir de mettre en parallèle les plus belles créations dans ce genre du Moyen-Age et des Temps Modernes : Spolète, Elvas, Coutances, Arcueil, Maintenon, Caserte, Lisbonne, Craponne, Aragona, Montpellier, Marseille, Dijon et Paris; il étudie de plus près, au milieu de tous les autres, les deux chefs-d'œuvre ancien et moderne, Rome et Paris.

Poursuivant ensuite le parallèle, M. Leger compare les deux systèmes d'alimentation aux deux époques, l'*alimentation par dérivation* d'autrefois à l'*alimentation par machine* de nos jours, et, avec eux, les qualités spéciales des eaux distribuées, les dépenses de premier établissement et d'entretien annuel, le prix de revient du mètre cube dans les deux cas; il arrive à déterminer les limites au delà desquelles chaque solution peut l'emporter sur l'autre.

CHAPITRE XIII.

Cloaques.

Pour évacuer ces énormes masses d'eau, il fallut développer dans la même proportion considérable le système de drainage des surfaces, c'est-à-dire les égouts ; ce service fut admirablement entendu à Rome, où chaque rue dut avoir son *cloaque*, qui recevait en même temps tous les produits du balayage.

La plupart des égouts furent, à Rome comme en province, des constructions admirablement soignées et appareillées; souvent leur revêtement était en grand appareil posé à joints précis avec des voûtes appareillées à trois rouleaux.

On trouve encore de beaux spécimens de ces ouvrages dans les provinces, avec les solutions les plus diverses, dans les plus petites comme dans les plus riches cités, et sur ce point beaucoup de nos grandes villes contemporaines pourraient porter envie à de toutes petites bourgades antiques.

Ce service ne se développa aussi que très-lentement au Moyen-Age; le système des égouts de Paris, le seul à peu près complet, de 1,000 kilomètres de développement total, n'en comptait pas le dixième il y a vingt-cinq ans.

CHAPITRE XIV.

Mines. — Carrières. — Sources Thermales.

Mines. — Quoique privés de notions géologiques, les Anciens eurent des données empiriques fort exactes sur l'allure des couches et des filons; leurs travaux, puits ou galeries, recoupent avec précision les gîtes, suivent les veines et les filons, les retrouvent au delà des failles et les exploitent sur de grandes étendues; malheureusement le manque de ventilation et les difficultés de l'épuisement limitèrent assez rapidement leurs efforts dans le sens de la profondeur.

Après avoir résumé la législation antique des mines, l'auteur fait con-

naître le personnel, l'outillage des mines, les procédés d'extraction et d'épuisement, les méthodes d'exploitation par puits, par dépilage, etc., les opérations de lavage et de classification du minerai, méthodes extrêmement ingénieuses et peu connues, que nous n'avons eu souvent qu'à étendre et à perfectionner; puis, il passe en revue les mines exploitées alors en Italie, dans la Gaule, en Espagne, dans la Bretagne, la Grèce, la Thrace, l'Asie et l'Afrique.

Carrières. — Les Romains furent de très-habiles explorateurs de carrières : leurs matériaux proviennent toujours des meilleures de la contrée environnante, même à de très-grandes distances.

Ils eurent pour les matériaux de luxe, marbres, granits, porphyres, etc., de grandes exploitations permanentes qu'on a surprises avec leurs produits à tous les degrés d'avancement, ce qui nous édifie complétement sur les méthodes suivies par eux. Ces carrières étaient généralement près de la mer ou des fleuves pour le transport économique des matériaux finis; l'ouvrage donne la description des principaux chantiers avec les particularités qu'ils révèlent.

Sources thermales. — Les travaux pour l'aménagement des sources thermales, fort recherchées déjà à cette époque, ne sont pas moins intéressants à étudier : ils dénotent une expérience consommée dans l'art de capter et de conduire les eaux.

La découverte des sources était réalisée par des tranchées à front vertical ou par le foncement de puits à la roche, et l'enchambrement était assuré par des colonnes montantes combinées avec des massifs de retenue, et des semelles de béton pour consolider l'émergence.

On a retrouvé dans la plupart de nos stations thermales, déjà fréquentées à l'époque romaine, des spécimens curieux de ces intéressantes solutions.

CHAPITRE XV.

Métaux et procédés métallurgiques.

Dans cette autre branche de l'industrie humaine, on est encore frappé des vastes connaissances techniques que les Romains possédaient : devançant toute théorie, après avoir convenablement préparé

et enrichi le minerai, ils pratiquaient, comme d'instinct, la réduction des oxydes, des carbonates et des sulfures par le grillage ou la calcination avec du charbon; ils savaient expulser les gangues dans les scories, séparer l'argent du plomb par coupellation et isoler le zinc et le mercure par sublimation; leurs procédés se rapprochent étonnamment des données de l'industrie moderne, et n'en diffèrent souvent que par des moyens d'action moins puissants et moins perfectionnés.

Les Romains employèrent l'or, l'argent, surent préparer le mercure, le plomb, le cuivre, l'étain, le zinc et leurs alliages, notamment le bronze. L'ouvrage décrit les divers traitements antiques.

Par une sorte de méthode catalane, avec des minerais très-riches et très-fusibles et du charbon de bois, ils surent produire deux qualités de fer, le *fer aigre* et le *fer ductile;* on a trouvé quelques-uns des bas-foyers employés par eux, avec les traces des opérations métallurgiques. Quelques auteurs parlent de *fondants* ajoutés dans les creusets, mais ces additions n'eurent pas pour but de faire passer par le produit intermédiaire, la fonte, que les métallurgistes styriens ne trouvèrent qu'au huitième siècle.

CHAPITRE XVI.

La Tradition Romaine à travers le Moyen-Age et les Temps Modernes jusqu'à nos jours.

L'auteur a complété son étude en suivant, à travers les siècles, les destinées de cette grande œuvre romaine, et en faisant connaître les fruits que recueillirent de ces magnifiques leçons les générations qui se sont succédé : c'était la conclusion naturelle de ce travail, qui, dans un cadre antique, contient une histoire aussi complète que possible de l'Art de l'Ingénieur, presque depuis son origine jusqu'à nos jours, de montrer que dix-huit siècles à la suite ont vécu sur cette expérience, et que souvent nos œuvres contemporaines descendent directement des créations antiques.

Après avoir failli sombrer dans les invasions barbares, la civilisation latine, fidèlement recueillie par les Gaulois, parvint à remonter le courant, et, se faisant jour au milieu des flots de Barbares, les subjugua

à son tour et réussit à se reconstituer sur les anciennes bases de la politique, de l'administration et de la tradition romaines.

Dès le cinquième siècle, on se remet à imiter tous les modèles subsistants de l'art antique, on cherche à *pasticher* toutes les idées romaines; ce retour se fait péniblement encore pendant les septième et huitième siècles, mais au neuvième, avec Charlemagne, la restauration latine est complète.

Malheureusement, après lui, après le démembrement de son empire, l'anarchie se répand partout, la guerre devient l'état normal, et une immense période de désolante stérilité et de triste abandon s'étend sur les dixième et onzième siècles.

A la faveur des immunités dont elles jouissent, les corporations monastiques se fondent en grand nombre, richement dotées, et c'est là que se réfugient, comme dans un lieu d'asile inviolable, la science et l'industrie humaines, proscrites de partout par la force brutale; les moines se font architectes, agriculteurs, industriels, métallurgistes, et sauvent pour les siècles futurs la plupart des conquêtes antérieures de l'esprit humain.

Après le onzième siècle, une grande explosion de foi porte toute l'activité vers les constructions religieuses, et provoque les croisades qui, par une heureuse conséquence, préparent la fin de l'anarchie féodale si longuement stérile; la royauté profite de l'éloignement et de l'affaiblissement des seigneurs pour reconquérir une partie de son autorité; elle encourage le mouvement communal, la formation des corporations laïques, et sur cette double alliance elle s'apprête, pour le quinzième siècle, à ruiner la féodalité sans retour.

Les croisades, en créant des relations suivies entre l'Occident et l'Orient, eurent cette autre conséquence de créer de nouveaux besoins de circulation qui rendirent une certaine activité aux travaux publics; puis, au contact des ingénieurs italiens et lombards, qui avaient gardé plus intacte la tradition romaine, on reprit de meilleures habitudes de construction, qu'on rapporta au retour: les ponts, les fortifications se refirent sur la tradition antique, comme saint Louis introduisait dans son royaume la loi et les meilleurs principes de l'administration romaine.

En poursuivant dans cette voie, la royauté marche résolûment au système romain du pouvoir absolu, des armées permanentes et des impôts réguliers et permanents comme elles; sur le modèle antique, Louis XI

rétablit les *courses rapides* ou les postes, fait réparer les chemins, améliorer les voies navigables avec le produit des péages, autre réminiscence du passé.

Dans les trêves malheureusement trop courtes que laisse une longue série de guerres étrangères, puis religieuses, l'activité française s'inspire du génie italien pour créer les merveilles de la Renaissance ; ce ne furent, hélas ! que des lueurs, bientôt obscurcies par les sombres préoccupations de guerres sanglantes ; il faut arriver aux dix-septième et dix-huitième siècles pour trouver en Sully et en Richelieu les fortes mains capables d'assurer le respect d'une volonté souveraine, et avec cet appui voir tentées de sérieuses entreprises d'organisation et d'administration intérieures.

Sous ces deux grands ministres, les travaux publics reçurent une impulsion puissante : routes, ponts, ports, canaux se créèrent sur les bases de concessions à péages, au milieu de pratiques sans nombre empruntées à l'Antiquité.

L'auteur présente le tableau des impôts, des voies et moyens qui permirent de faire face aux dépenses, tableau assombri par les misère de la corvée.

Après s'être appliqué à suivre pas à pas l'Art de bâtir dans le Moyen-Age et les Temps Modernes, M. Leger retrace l'histoire succincte des Travaux Publics, des Mines et de la Métallurgie dans cette même période, pour arriver enfin, dans un dernier parallèle, à l'examen de toutes ces choses prises de nos jours.

Les Travaux Publics sont le signe le plus sensible qui atteste l'état social, la prospérité et l'énergie des nations ; en écrivant cette longue histoire, l'auteur n'a pu s'empêcher de montrer leur sort lié partout aux fortunes diverses des empires : ils grandissent ou diminuent avec elles. On en peut faire la vérification sur la France, et comme preuve de l'exubérante vitalité de notre patrie, l'auteur rappelle la part énorme qu'elle a prise dans tous les temps à la vulgarisation et à la diffusion de tous les arts comme de toute bonne tradition ; il la fait voir payant toujours de son exemple et de sa personne, semant partout, sans compter, son travail, son argent et sa science, au lendemain comme à la veille de ses plus grands malheurs ; sur son chemin, il montre par cinq et six fois notre vieux génie gaulois, armé de la civilisation latine, vivifiée par le sang celtique, se relever toujours de la ruine la plus

terrible, de l'envahissement total, et, se retrempant dans sa défaite, après chaque épreuve rebondir, comme Antée, toujours plus haut à la tête du progrès moral et de l'humanité.

Il n'est pas mauvais de rappeler ces grandes leçons du passé, tracées sur les monuments que nous venons d'admirer, aussi durables que l'airain, à ceux qui proclament si légèrement la déchéance de la race latine, et à nous-mêmes, qu'un moment de fortune contraire pourrait décourager et abattre.

« *O passi graviora, Deus dabit his quoque finem.* »

Nous avons supporté de plus cruelles épreuves sans mourir; Rome s'est relevée du désastre de Varus...

Il était difficile de résumer un gros livre de 800 pages sans sacrifier beaucoup de détails importants. Nous avons voulu surtout en exposer le programme et le plan, et nous serons heureux si nous avons pu réussir à inspirer le désir de mieux connaître cet ouvrage; éloignée de tout parti pris qui sacrifie le présent au passé ou le passé au présent, mesurant exactement la part qui revient à chacun, trouvant la nôtre bien assez large, cette histoire est celle du Génie civil, c'est l'histoire de notre profession, qu'elle montre non point née seulement il y a vingt, trente ou cinquante ans, mais vieille de plus de vingt siècles.

La Société des Ingénieurs civils a décerné à M. Leger sa médaille d'or annuelle, la plus haute récompense dont elle dispose, et une des plus précieuses qui puissent honorer la carrière d'un ingénieur.

Paris. — Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1876)

N° 37

Pendant ces deux mois, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Chemin de fer du système américain et européen* (fonctionnement comparé de deux trains de), lettre de M. Sieber. (Séance du 6 octobre, page 725.)

2° *Eaux* (service des) de la ville de Troyes. (Séance du 6 octobre, page 726.)

3° *Ventilateurs à force centrifuge*, par M. Arson. (Séance du 6 octobre, page 728.)

4° *Sociétés coopératives anglaises*, par M. Édouard Simon. (Séance du 6 octobre, page 732.

5° *Modification de l'article* 20 *des Statuts*. (Séance du 20 octobre page 734).

6° *Voies de triage en usage en Angleterre*, par M. Henri Mathieu. (Séance du 20 octobre, page 734.)

7° Block-System, par M. Henri Mathieu. (Séance du 20 octobre page 742.)

Pendant ces deux mois, la Société a reçu :

1° De M. Ménier, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur *l'Impôt sur le capital.*

2° De M. Douau, membre de la Société, une notice sur les *ventilateurs à force centrifuge.*

3° De Madame veuve Thomé de Gamond, un *écrin géologique des terrains submergés du détroit de Douvres pour servir à l'étude du tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France.*

4° De M. Félix Leblanc, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur un *Nouveau tube Spectro-Électrique ou Fulgurator;* un exemplaire de son rapport sur un nouvel *Appareil de condensation mécanique des matières liquéfiables tenues en suspension dans les gaz ou vapeurs*, un exemplaire d'un Mémoire sur une *Méthode d'essai du pouvoir éclairant et de la bonne épuration du gaz à Paris.*

5° De M. Paul Regnard, membre de la Société, de la part de la Keystone Bridge Company, les photographies des *ponts Illinois et Saint-Louis et de Collowhill Street.*

6° De M. Jacqmin, directeur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, un exemplaire des *Études entreprises par son ordre pour le chauffage des voitures de toutes classes*, par M. Regray, ingénieur en chef du matériel et de la traction à la Compagnie de l'Est.

7° De M. Bömches, ingénieur, un exemplaire d'une notice sur le *Nouveau port de commerce de Trieste.*

8° De M. Ansart, membre de la Société : 1° une brochure intitulée la *Canalisation de la rivière Mapocho à Santiago*, 1873 ; 2° une brochure intitulée *Rapport de la canalisation du Mapocho*, *présenté à la municipalité de Santiago*, 1873*;* 3° trois brochures et une photographie, ayant trait à la *Transformation du mont Sainte-Lucie en promenade publique*, ouvrage exécuté par M. Ansart ; 4° trois carnets manuscrits et un plan du tracé et profils du projet de *Chemins de fer de Curico à Talca et Linares*, 114 kilomètres; 5° onze Mémoires sur les pavages, égouts, ponts, promenades, conduites d'eau, etc., publiés dans les documents de l'intendance de Santiago, pages 119, 147, 201, 203, 204, 205, 207, 209, 299, 312 et 557 ; 6° sept brochures relatives à l'*Exposition*

internationale du Chili, 1875; un catalogue raisonné de l'*Exposition des antiquités coloniales,* 1873; une brochure *Exposition d'animaux reproducteurs*, 1875; un volume la *Transformation de Santiago*, 1872; deux volumes l'*Intendance de Santiago*, 1873; une brochure *Budget municipal de Santiago*, 1874; une photographie d'un *Plan de Santiago*, antérieur à celui dressé par E. Ansart, et qui existe à la bibliothèque de la Société; un volume sur le *Chemin de fer de Valparaiso à Santiago*, avec cartes et vues; un volume *Comparaison de divers projets du chemin de fer de Valparaiso à Santiago*; une brochure relative à la *Loi sur la police des chemins de fer*, 1863; une brochure sur la *Législation sur les routes, ponts et chaussées*, 1845; une brochure sur la *Constitution de la république du Chili*, 1833; un *Résumé de la statistique commerciale du Chili*, 1873; un *Mémoire des travaux de l'Université* de 1855 à 1872; une brochure sur le *Le Chili tel qu'il est*, par E. Sève, consul général de Belgique, 1876; une brochure *Expédition Pertuiset à la Terre de Feu*, cartes générales du Chili, par Pisis, à l'échelle de $\frac{1}{250\,000}$; une brochure *Méthode pour élever ler eaux par l'air comprimé*.

9° De M. Gottschalk, membre de la Société, une Note sur le *Service du matériel et de la traction des chemins de fer du Sud de l'Autriche*, années 1872, 1873, 1874 et 1875.

10° De M. Gothy, directeur du Musée royal de l'industrie de Belgique, un exemplaire d'une Note sur l'*Instruction des ouvriers et l'Exposition universelle de Paris* en 1878.

11° De MM. Œschger et Mesdach, membres de la Société, un exemplaire d'une Notice sur les *Installations ouvrières de leur Société à Ougrée, près Liége*.

12° De M. Steens, membre de la Société, un exemplaire de ses *Tables d'inertie et des moments de rupture des poutrelles en fer du profil double* T.

13° De M. Lacroix, éditeur, un exemplaire de l'ouvrage de M. Gustave Germinet, sur le *Chauffage par le gaz*.

14° De M. Arson, membre de la Société, une note sur un *Essai de théorie du ventilateur à force centrifuge*.

15° De M. Leneveu, membre de la Société, une note sur les *Transmissions de mouvement par courroies*.

16° De M. Périssé, membre de la Société, une traduction résumée des

Mémoires lus et discutés en 1875, à la Société des Ingénieurs civils de Londres, sur la *Fabrication de l'acier*.

17° De M. Chaise, membre de la Société, un exemplaire de Documents sur la *Compagnie des bateaux-omnibus*.

18° De M. Fouret, membre de la Société, 1° un exemplaire d'un Mémoire sur les *Systèmes généraux de courbes planes algébriques ou transcendantes définis par deux caractéristiques;* 2° un exemplaire d'un Mémoire sur la *Détermination du nombre exact des solutions d'un système de* n *équations algébriques à* n *inconnues;* 3° un exemplaire d'une *Méthode graphique pour résoudre un système quelconque de* n *équations du premier degré à* n *inconnues*.

19° De la Société des sciences de Lyon, un exemplaire d'une Notic e sur les *Travaux de M. Michel Alcan*.

20° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros de juillet et août 1876.

21° *Annales industrielles*, les numéros de juillet et août 1876.

22° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de mai et juin 1876.

23° Des *Annales des mines*, le numéro de la 3e livraison de 1876.

24° Des *Annales du Génie civil*, les numéros de juillet et août 1876.

25° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros de mai et juin 1876.

26° Des *Annales de la construction* (Nouvelles), les numéros de juillet et août 1876.

27° Des *Annales des chemins vicinaux*, les numéros de juillet et août 1876.

28° De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France*, le numéro de son Bulletin.

29° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, le numéro 40 de son bulletin.

30° *De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de juillet et août de son bulletin de l'année 1876.

31° Du *Bulletin officiel de la Marine*, les numéros de septembre et octobre de l'année 1876.

32° Du *Comité des forges de France*, les numéros 115 et 116 du bulletin.

33° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros de septembre et octobre 1876.

34° Du *Courrier municipal* (journal), les numéros de juillet et août 1876.

35° De l'*Écho des Mines et de la Métallurgie* (journal), les numéros d'octobre 1876.

36° De l'*Encyclopédie d'architecture*, les numéros de juillet et août 1876.

37° De l'*Economiste* (journal), les numéros de juin 1876.

38° De l'*Engineering*, les numéros de septembre et octobre 1876.

39° De la *Gazette des Architectes*, les numéros de juillet et août 1876.

40° De la *Gazette du Village*, les numéros d'août et septembre 1876.

41° *Iron* journal *of science*, *metals et manufacture*, les numéros de mai et juin de l'année 1876.

42° De l'*Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs *Minutes of Proceedings* de 1875 et 1876.

43° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, les numéros du premier trimestre 1876 de son bulletin.

44° De l'*Institution of Mining Engineers americans*, les numéros de leurs *Transactions*.

45° Du *Journal d'Agriculture pratique*, les numéros de septembre et octobre 1876.

46° Du *Journal des Chemins de fer*, les numéros de septembre et octobre 1876.

47° Du *Journal de l'Éclairage au gaz*, les numéros de septembre et octobre 1876.

48° Du journal *of the American Society of Civils Engineers*, les numéros de mai et juin 1876.

49° De *la Houille* (journal), les numéros de septembre et octobre 1876.

50° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros de mai et juin 1876.

51° Du *Musée Royal de l'industrie de Belgique*, le numéro de juin 1876 de son bulletin.

52° Du *Moniteur des chemins de fer* (journal), les numéros de septembre et octobre 1876.

53° Du *Moniteur industriel belge*, les numéros de septembre et octobre de l'année 1876.

54° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros de juillet et août 1876.

55° Du *Moniteur des travaux publics* (journal), les numéros de septembre et octobre 1876.

56° De l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (journal), le numéro 5 de 1876.

57° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros de septembre et octobre 1876.

58° De la *Réforme économique*, les numéros de septembre et octobre 1876.

59° De la *Revue maritime et coloniale*, le numéro d'octobre 1876.

60° De la *Revue d'architecture*, les numéros 7 et 8 de l'année 1876.

61° De la *Revista de obras publicas*, les numéros de juillet et août 1876.

62° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros de septembre et octobre 1876.

63° De la *Revue horticole*, les numéros de septembre et octobre 1876.

64° De la Revue *les Mondes*, les numéros de septembre et octobre 1876.

65° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros de juin et juillet 1876.

66° *De la Société de Physique*, les numéros de son bulletin du deuxième trimestre de l'année 1876.

67° De la *Société des Ingénieurs anglais*, les numéros de leurs *Transactions* pour l'année 1875 et 1876.

68° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin du deuxième trimestre 1875.

69° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros de mai et juin 1876 de son bulletin.

70° De la *Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens*, les numéros du troisième trimestre de 1876, de leur *Revue périodique*.

71° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du deuxième trimestre 1876 de son bulletin.

72° De la *Société d'encouragement*, les numéros de septembre et octobre 1876 de son bulletin.

73° De la *Société de géographie*, les numéros de septembre et octobre 1876 de son bulletin.

74° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, les numéros du premier trimestre 1876 de son bulletin.

75° De la *Société des Ingénieurs portugais*, les numéros du deuxième trimestre 1876 de son bulletin.

76° De la *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du deuxième trimestre 1876 de son bulletin.

77° De la *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le troisième numéro de son bulletin de 1876.

78° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin de juillet et août 1876.

79° De la *Société scientifique industrielle de Marseille*, le numéro du deuxième trimestre de 1876 de son bulletin.

80° De la *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 5 et 6 de 1876 de son bulletin.

81° De la *Société des Arts d'Edimburgh*, le quatrième numéro de 1875 de son bulletin.

82° De la *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome XXII de la quatrième série de son bulletin.

83° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, son bulletin du deuxième trimestre de 1876.

84° De la *Société industrielle de Rouen*, le numéro du deuxième trimestre de l'année 1876 de son bulletin.

85° De la *Semaine financière* (journal), les numéros de septembre et octobre 1876.

86° *Sucrerie indigène* (*La*), par M. Tardieu, les numéros de juillet et août 1876.

87° Du *The Engineer* (journal), les numéros de septembre et octobre 1876.

88° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du deuxième trimestre 1876 de son bulletin.

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois d'octobre :

MM. Noblot, présenté par MM. Alcan, Loustau et Simon (Édouard).
Paur, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Sage, présenté par MM. Badois, Morandiere (Jules) et Richard.
Valensi, présenté par MM. Badois, Belin et Lavallée-Poussin.

Comme Membres Associés :

MM. Dorémieux, présenté par MM. De Dion, Molinos et Richard.
Lefebvre-Desurmond, présenté par MM. Galland, Herscher et Somasco.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

Ve BULLETIN DE L'ANNÉE 1876

Séance du 6 Octobre 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à neuf heures.

Le procès-verbal de la séance du 4 août est adopté.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. Siéber :

« Monsieur le Président,

« Dans la séance du 16 juin dernier, j'ai eu l'honneur de remettre à la Société une Note sur le *Fonctionnement comparé de deux trains de chemin de fer du système Américain et Européen*, suivie d'une proposition de perfectionnement, tendant à supprimer le patinement et le grippement des roues sur les rails.

« Dans mon exposé, je faisais allusion à l'introduction d'une espèce de détente entre les réactions de roulement qui engendrent le patinement; détente, comme celle qui résulterait du décalage d'une des roues sur chaque essieu, non couplé, attendu que par ce décalage, on ne saurait considérer la roue devenue mobile sur l'essieu, comme roue libre ou folle; car en réalité elle ne peut se développer ou faire plus de chemin que sa jumelle, qui, restée calée, fait tourner l'essieu avec elle dans le même sens et à la même vitesse.

« Depuis le dépôt de cette Note, j'ai appris que la Compagnie générale des omnibus avait fait une application analogue aux essieux des voitures d'une ligne de tramways, en vue de faciliter le passage des véhicules dans les courbes des petits rayons.

« En vous signalant ce fait, M. le Président, je viens vous proposer de vouloir bien ajourner la lecture et la discussion de ma Note, afin de faire intervenir, si cela est possible, les notions d'expériences de l'application

faite par la Compagnie générale des omnibus, dont les résultats apparents ne laissent aucun doute.

« L'ajournement que j'ai l'honneur de solliciter a pour but, d'éclairer le doute que semble soulever l'application de la détente sous le rapport de la pratique, doute que l'application faite au tramway, éclairera peut-être, en tenant compte de la différence qui existe entre le matériel roulant des tramways, marchant à la vitesse des chevaux, et celui des chemins de fer proprement dits.

« Veuillez agréer, etc., etc. »

Il est ensuite donné lecture d'une lettre du Maire de la ville de Troyes (Aube), relative au concours ouvert par cette ville pour la réorganisation du service des eaux.

PROGRAMME.

Le Conseil municipal, dans sa séance du 4 août 1876, a pris la délibération suivante :

LE CONSEIL,

Considérant que la ville de Troyes est incomplétement alimentée par le régime actuel de ses fontaines publiques;

Considérant qu'il est nécessaire de réorganiser ce régime dans le plus bref délai possible et de le mettre en rapport avec les progrès de la science et les besoins de la population;

Considérant que le moyen le plus sûr d'obtenir ce résultat, vivement désiré de tous, est de faire appel aux hommes spéciaux par l'ouverture d'un Concours public,

DÉCIDE :

ARTICLE PREMIER. — Un Concours est ouvert entre les Ingénieurs et les hommes spéciaux, sur une Étude ou Mémoire descriptif traitant du meilleur parti à adopter pour compléter ou pour réorganiser le régime de l'alimentation de l'eau de la ville de Troyes, dans les conditions les plus économiques.

ART. 2. — Les concurrents devront déposer leurs ouvrages à la Mairie, avant le 15 décembre 1876, à midi, terme de rigueur.

Les Mémoires seront accompagnés :

De toutes cartes, plans ou croquis nécessaires pour faire ressortir clairement le principe admis par le concurrent et en préciser les principaux détails;

Et un état sommaire des dépenses qui résulteraient de son exécution.

ART. 3. — Le programme à imposer aux concurrents doit se résumer en ceci :

Soit à amener dans la ville de Troyes, à une altitude minima de 124 mè-

tres au-dessus du niveau de la mer, 140 litres d'eau par seconde, formant 12,000 mètres cubes par 24 heures.

La condition obligatoire la plus essentielle est d'obtenir une eau pure, d'une limpidité absolue en tout temps, et réunissant au moins toutes les qualités hydrotimétriques des eaux de la Seine, en amont de Troyes.

Art. 4. — Toute latitude est laissée aux concurrents pour le mode de captation ou d'amenée des eaux, soit qu'ils songent à utiliser les moteurs actuels, soit qu'ils se décident pour des eaux dérivées des alluvions de gravier de la vallée de la Seine, à une altitude suffisante pour satisfaire, en raison de la pente naturelle, aux prescriptions de l'article 3.

Soit que, prenant les eaux à une altitude moindre, ils assurent leur élévation par l'emploi d'une force motrice quelconque.

Soit qu'ils préfèrent amener, dans des conditions analogues, des eaux captées au pied des coteaux.

Soit, enfin, par l'emploi de tout autre moyen généralement quelconque.

Art. 5. — Un jury spécial, composé du Maire, du Directeur du service des eaux de Troyes, des Ingénieurs en chef des ponts et chaussées et des mines, de l'Ingénieur, chef de section de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, du Commandant du génie de Troyes, du Directeur ou d'un Ingénieur d'une des Écoles nationales d'arts et métiers, et de cinq Membres, que le Conseil choisira dans son sein, sera chargé d'examiner les Mémoires et de les classer par ordre de mérite.

Art. 6. — Trois primes, d'ensemble *cinq mille francs*, seront attribuées aux trois meilleurs Mémoires choisis par le jury.

Le Mémoire classé avec le		n° 1,	recevra. . .	2,500 fr.
Le Mémoire	id.	n° 2,	id. . . .	1,500
Et le Mémoire	id.	n° 3,	id. . . .	1,000

Cette classification n'est pas de rigueur, et en cas d'insuffisance de mérite reconnue par le jury, à la majorité des deux tiers de ses membres (soit huit suffrages), il pourrait ne décerner qu'une partie de la somme de 5,000 fr. affectée aux récompenses, sans toutefois que l'ensemble des primes à distribuer puisse être inférieur à 3,000 fr.

Art. 7. — Les Mémoires primés deviendront la propiété de la Ville, qui en fera tel usage qui lui conviendrait dans l'élaboration du projet définitif.

Art. 8. — Chaque Mémoire, avec les pièces à l'appui, devra être remis sous pli cacheté, au secrétariat de la Mairie, sans signature de nom d'auteur, mais avec une épigraphe devant servir à le reconnaître.

Le nom et l'adresse de l'auteur seront contenus dans un autre pli cacheté reproduisant en suscription l'épigraphe du mémoire.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante, adressée par M. Bömches, ingénieur du nouveau port de commerce à Trieste :

« Monsieur le Président,

« Je viens de lire dans le journal hebdomadaire de la Société des Ingénieurs et des Architectes de Vienne, que vous avez prononcé dans une séance de la Société des Ingénieurs civils de Paris, un compte rendu relatif au dernier voyage circulaire en Autriche, fait avec MM. les chefs de service des chemins de fer français, que j'ai eu l'avantage de saluer le jour de la Pentecôte à Trieste.

« Étant bien désireux de connaître l'impression qu'a faite sur lesdits hommes de science, le pays et surtout les ouvrages d'art visités, je viens vous prier, Monsieur le Président, de vouloir bien m'adresser un exemplaire de ce compte rendu.

« Je profite de l'occasion, pour vous exprimer, Monsieur, le vif regret que j'ai ressenti par la privation de n'avoir pu faire votre connaissance, et de n'avoir pu vous faire voir les travaux du port. Permettez-moi de vous adresser (sous bande) un exemplaire de la notice que j'ai rédigée en souvenir de la visite du nouveau port faite par les hôtes français, le 4 juin dernier.

« En vous remerciant d'avance, je vous prie, Monsieur le Président, de vouloir agréer l'assurance de ma considération la plus distinguée. »

L'ordre du jour appelle la communication de M. Arson sur un essai de théorie des ventilateurs à force centrifuge.

M. Arson commence par déclarer qu'il est persuadé que le ventilateur à force centrifuge a été étudié par plusieurs ingénieurs, et que la théorie des faits accomplis dans la marche de cet appareil a été établie déjà. Il fait remarquer que, cependant, le fonctionnement de cet appareil n'est pas traité dans tous les cours de mécanique et que, si on a besoin de faire des applications, on ne sait où prendre des règles certaines ayant la sanction de l'expérience.

Dans ces conditions il croit bien faire de soulever la question au sein de la Société, et au risque de ne pas présenter une œuvre complète il se hasarde à soumettre les bases sur lesquelles il oserait tenter une application.

La méthode qu'il va suivre est d'ailleurs inspirée de celle qui a été appliquée à l'étude des turbines, et laisse peu de place à l'hésitation; il faut étudier d'abord les phénomènes qui se développent à l'entrée du fluide dans l'appareil rotatif; puis ceux qui ont lieu à sa sortie, et déduire de l'action de la force centrifuge développée pendant le mouvement de rotation le phénomène qui est le but essentiel de l'appareil : la compression de l'air.

L'entrée sans choc est un résultat facile et utile à produire, puisque ce n'est pas du choc de la palette que doit résulter la compression, mais bien de la force centrifuge développée. De là l'inclinaison du premier élément de l'aube déterminé par le parallélogramme des vitesses.

Le séjour dans l'auget est indispensable, puisque la force centrifuge ne peut être développée que par le mouvement de rotation, emportant avec lui le fluide sur lequel on opère. De là la nécessité d'un auget ayant une dimension appréciable, mais d'ailleurs moins grande que celle qu'on lui accorde ordinairement.

Le fluide ayant séjourné dans l'auget et ayant été entraîné par l'aube dans le mouvement de rotation, est soumis à la force centrifuge, et en vertu de cette force acquise tend à pénétrer dans le milieu, enveloppant l'appareil malgré l'élévation de pression qu'il y rencontre.

Ces deux phénomènes de l'entrée dans les aubes et de la sortie de ces aubes, justifie l'emploi de considérations qui mettent en œuvre la vitesse relative, mais cela paraît suffisant.

M. Arson, pour établir la théorie complète de la question, il ne lui semble pas nécessaire de recourir à l'expression du travail dû à ces vitesses relatives. Les aubes ayant la direction convenable pour faire que *toute perte de travail soit évitée*, et que l'air sorte des augets avec *la plus petite vitesse absolue possible*, M. Arson pose une équation d'une extrême simplicité qui lui paraît contenir les termes essentiels de la solution, la voici :

$$\frac{1}{2} m \overline{U}^2 = T_m + p_a Q - (p^a Q + PQ)$$

exprimant que l'accroissement de la puissance vive de l'air mise en œuvre est égal au travail moteur employé, diminué du travail de compression.

M. Arson fait remarquer que cette formule peut aussi s'écrire sous un autre aspect plus propre à l'application directe :

$$T_m = \frac{1}{2} m \overline{U}^2 + (p_a Q + PQ) - p_a Q = \frac{1}{2} m \overline{U}^2 + PQ,$$

exprimant que le travail moteur est égal à l'accroissement de puissance vive du fluide augmenté du travail de compression.

Cette expression, dont les termes sont faciles à justifier, renferme un enseignement important. Le travail n'est pas seulement celui de la compression du fluide, ce qui est bien évidemment nécessaire, puisque c'est le but même du fonctionnement de l'appareil ; mais aussi celui qui est nécessaire pour donner au fluide la puissance vive à l'aide de laquelle il pourra pénétrer dans un milieu où la pression est plus élevée que celui du milieu d'où il sort. Cette puissance vive est évidemment perdue d'ailleurs au point de vue de l'utilisation ultérieure, et il importe de la réduire le plus possible. Ce moyen est bien simple, il gît tout entier dans l'inclinaison de l'élément extrême de la palette, faisant que la vitesse absolue soit dirigée suivant le rayon.

Or la vitesse absolue est la résultante de la vitesse relative et de la vitesse d'entraînement, donc la vitesse d'entraînement qui est suivant la direction du dernier élément de l'auget doit avoir une inclinaison fortement accusée.



Sans doute, ces résultats ne sont pas commandés par des raisons économiques d'une grande importance, quand il s'agit de ventilateurs d'une faible puissance comme ceux qui sont employés dans les fonderies; mais la question change et prend un intérêt bien plus considérable, quand il est question de la ventilation des mines et des grands espaces.

A cette occasion M. Arson signale l'application qui a été faite à la ventilation du Palais de l'Exposition de 1867, et il prie la Société de songer à l'intérêt plus grand encore qui se rapporte à la ventilation du Palais de l'Exposition de 1878. Il croit que l'étude qu'il a provoquée ne sera pas perdue et que c'est opportunément que l'attention des constructeurs sera appelée sur ce sujet.

D'ailleurs, dit-il, la théorie du ventilateur agissant sur les gaz est absolument la même que celle des appareils agissant sur les liquides, et assurément pour ceux-ci la question mécanique prend un grand intérêt. On parle d'une machine de 120 chevaux pour élever les eaux des égouts de Paris à une hauteur de 10 mètres, ce sont là des chiffres qui suffisent pour faire apprécier tout l'intérêt de la question.

M. Ermel fait remarquer que dans la disposition indiquée par M. Arson, les ailettes étant plus rapprochés à l'extérieur qu'à l'intérieur, il y a un étranglement de la veine gazeuse qui empêche d'admettre que la vitesse des gaz est la même à l'entrée et à la sortie de l'appareil.

Il demande à M. Arson dans quel sens se trouve la courbure des ailes de son ventilateur, par rapport au mouvement de rotation; en d'autres termes, est-ce la partie convexe de la courbe ou la partie concave qui refoule le liquide?

M. Goschler demande si M. Arson préconise l'emploi des ailes courbes au lieu d'ailes planes dans la construction des grands ventilateurs.

M. Arson répond affirmativement en faisant remarquer que dans les turbines et dans les pompes, cette forme est universellement reconnue comme la meilleure, et que les mêmes raison qui l'ont fait adopter pour les liquides, militent en faveur de son adoption pour les gaz.

M. Goschler rappelle que M. Combes a fait un travail important sur les ventilateurs, travail qui a paru dans les *Annales des Mines*.

M. Badois signale un essai théorique tenté sur le sujet actuel par M. le commandant d'artillerie Aversenq, qui était l'année dernière professeur de mécanique appliquée à l'École d'application de Fontainebleau. Cet officier a été conduit à une disposition nouvelle des ventilateurs soufflants, en vue d'obtenir des pressions plus élevées que celles données jusqu'ici par ces appareils.

Déjà, en 1867, M. Perrigault avait obtenu dans ce sens un résultat remarquable en accouplant deux ventilateurs dont le premier envoyait dans l'œil du second l'air à une certaine pression. C'est le même principe qui a été appliqué aux pompes centrifuges pour l'élévation à l'usine de Clichy des eaux d'égout envoyées dans la plaine de Gennevilliers.

M. Aversenq voulait résoudre le problème avec un seul appareil centri-

fuge, et son but était l'obtention d'une pression d'air de $0^m.14$ à $0^m.15$ de hauteur *de mercure* propre à souffler, par exemple, un haut fourneau.

Dans cet ordre d'idées, le Mémoire de l'auteur attribuait une très-grande importance, non pas à la forme des aubes, mais à ce que leur nombre et par conséquent leur écartement fût tel qu'il ne se produisît aucun étranglement de la veine fluide dans l'appareil tournant. L'air prenait ainsi une très-grande vitesse et la transformation de cette vitesse en pression avait lieu par la disposition spéciale de l'enveloppe fixe.

La forme des aubes était étudiée pour que la direction de la veine fluide en mouvement se maintînt suivant une ligne moyenne entre deux de ces aubes, et M. Badois croit bien se souvenir que cette forme était plutôt concave que convexe.

Un autre point intéressant de ce Mémoire était la forme évasée du canal de fuite et sa division en plusieurs compartiments longitudinaux par des cloisons qui régnaient sur une certaine longueur, pour éviter que l'air se portât alternativement sur l'une ou sur l'autre paroi en vacillant et en produisant des remous, et pour arriver autant que possible à la permanence du régime d'écoulement.

M. Badois ne cite que les traits principaux qui l'ont frappé dans cette étude. Il dit que des difficultés de construction ont empêché jusqu'ici, à sa connaissance, la réalisation, dans un appareil fonctionnant, des idées de M. Aversenq.

M. Arson ne partage pas l'opinion de M. Badois sur l'indifférence du sens de courbure des ailes; il croit que si les ailes ont leur concavité dirigée dans le sens du mouvement de rotation, elles opposeront un obstacle à la libre évacuation des molécules de gaz projetées par la force centrifuge développée, et que par conséquent il y aura, de ce fait, une perte de travail qui diminuera forcément le rendement de l'appareil.

M. Lencauchez croit qu'on doit donner aux ailes des ventilateurs une forme en rapport avec la vitesse uniformément accélérée que prennent les gaz sous l'action de la force centrifuge. Cette forme qui est celle d'un trapèze, dont la grande base est du côté du centre de l'appareil, a été adoptée déjà par un certain nombre de constructeurs.

Quant à la courbure des ailes et au sens de cette courbure, M. Lencauchez dit qu'ils sont absolument sans influence sur le rendement. Il cite à l'appui de son opinion des expériences qu'il a faites sur la pression des gaz, en différents points situés sur un même rayon d'un ventilateur à ailes planes. La pression était égale à la pression atmosphérique sur une portion notable de la hauteur des ailes, à partir de leur bord intérieur, et ce n'est que dans une zone relativement très-restreinte, située près du bord extérieur que la pression prenait une certaine valeur. M. Lencauchez en conclut que dans les ventilateurs il n'y a que l'extrémité des ailes qui travaille utilement, ce qui explique pourquoi le rendement est peu modifié par la courbure ou par l'inclinaison des ailes.

M. De Dion croit aussi que la courbure des ailes doit avoir peu d'influence

sur la pression, laquelle dépend surtout de la vitesse de rotation de l'appareil, mais qu'elle est très-utile pour servir de guide aux gaz aspirés et obtenir ainsi un meilleur rendement.

M. Badois cite l'exemple de pompes centrifuges à ailes convexes, et de pompes à ailes concaves, donnant le même rendement.

M. Ermel dit qu'on ne peut comparer les turbines avec les ventilateurs, à cause des différences de vitesse considérables dans ces deux genres d'appareil, et aussi à cause de la nature différente des fluides mis en mouvement.

M. Hamers fait observer qu'un très-éminent ingénieur français, M. Guibal, membre de la Société, s'est beaucoup occupé des ventilateurs, depuis une trentaine d'années.

Il a fait une théorie de la ventilation, et il a progressivement perfectionné, notamment en ces dernières années, les ventilateurs dont il est l'inventeur et qui portent son nom. Ceux-ci sont employés dans les principales mines de houille de la Belgique, où ils sont en très-grande faveur.

Les travaux ou les appareils de M. Guibal sont essentiellement de ceux dont la connaissance importe à qui veut approfondir la question des ventilateurs.

M. Arson fait remarquer que le passage des gaz au travers du ventilateur diminue très-peu leur volume, et que par conséquent ils se comportent pratiquement comme des fluides incompressibles.

M. le Président pense que les gaz étant très-compressibles de leur nature, ils doivent subir une diminution de volume très-appréciable, dont il faudrait tenir compte, et il lui semble que leur assimilation aux liquides, dans le cas présent, est inexacte.

M. Arson répond que dans la plupart des ventilateurs, la pression de sortie des gaz est supérieure à celle d'entrée, d'une quantité qui ne peut produire qu'un changement de volume insignifiant en pratique. Dans la théorie des ventilateurs on ne tient pas compte de cette différence de pression, pour ne pas compliquer outre mesure et inutilement les formules.

M. Arson revenant sur l'affirmation de M. Lencauchez, que la courbure des ailes n'a pas d'influence sur le rendement, explique comment, avec des ailes planes, une partie des gaz qui ont été comprimés sur la face antérieure d'une aile rentre par derrière et qu'il faut l'expulser à nouveau avec une dépense supplémentaire de travail.

M. Lencauchez dit que cette rentrée de gaz n'est pas possible si les ailes sont convenablement espacées, et si leur hauteur est faible relativement au rayon de l'appareil.

M. le Président remercie M. Arson de son intéressante communication.

M. Simon (Édouard) donne communication de sa note sur les Sociétés coopératives anglaises, cette note sera insérée *in extenso* au Bulletin.

M. Goschler désirerait quelques détails sur l'administration de ces Sociétés, car c'est là, suivant lui, le point important de leur existence.

M. Simon indique que cette administration est analogue à celles de nos Sociétés anonymes. Un conseil d'administration (*Board*) dirige la Société, un directeur (*Manager*) préside sous l'autorité de ce Conseil aux achats de matières premières, à la fabrication et à la livraison des produits vendus par des commissionnaires.

M. De Dion insiste pour savoir comment est composé le Conseil d'administration et comment il se renouvelle.

M. Simon donne lecture des articles des Statuts relatifs au Conseil d'administration. Il fait remarquer que tous les trois mois une Assemblée générale statue sur la situation et élit un membre du Conseil d'administration; le membre sortant est rééligible.

M. le Président fait observer la fréquence de ces Assemblées et de ces réélections. Il suppose qu'il en est ainsi à cause de la modicité des parts ou actions, et de la nécessité de contrôler souvent des opérations effectuées pour le compte d'un grand nombre d'associés.

M. Simon pense que les actionnaires, étant pour la plupart, ainsi que l'a remarqué M. le Président, de petits capitalistes, ont grand intérêt à toucher dans le cas de bénéfices, un dividende trimestriel.

M. Rubin demande quelques détails sur les conditions financières et légales du fonctionnement de ces Sociétés coopératives de production. Comment ces Sociétés trouvent-elles du crédit chez les banquiers? Existe-t-il des établissements financiers ayant la spécialité des rapports avec ces Sociétés? Sont-elles, en un mot, considérées par les capitalistes comme des Sociétés ordinaires? Au point de vue légal, leur organisation fait-elle l'objet de lois spéciales?

M. Simon répond que ces Sociétés sont considérées comme des Sociétés industrielles ordinaires, et rappelle qu'en dehors de leurs actions, elles peuvent émettre des obligations, dont le chiffre total s'élève parfois au double du capital-actions. Ces obligations dont les conditions d'émission sont publiées dans les journaux anglais, trouvent preneurs à un taux d'intérêt qui ne dépasse pas 5 à 6 pour 100 l'an.

Séance du 20 Octobre 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à neuf heures.

Le procès-verbal de la séance du 6 octobre est adopté.

M. le Président annonce le décès de MM. de la Harpe, Picard (Maurice), Nye et Voisin, membres de la Société.



L'ordre du jour porte la proposition de modifier l'article 20 des Statuts, et de confier la Présidence au même sociétaire pendant deux années consécutives.

M. le Président indique que le Comité a adopté une rédaction dont il va être donné lecture; mais que, quoique l'Assemblée ait été convoquée pour voter sur la proposition, pour permettre aux Membres d'examiner à loisir la rédaction qui leur sera adressée par circulaire, et éviter par un vote réfléchi jusqu'à la moindre apparence de surprise ou de sous-entendu, le Comité a été d'avis d'ajourner le vote à une séance ultérieure, soit à la seconde séance de novembre.

La rédaction actuelle de l'article 20 des Statuts, est ainsi conçue :

Les Membres du Comité et du Bureau sont rééligibles, mais la Présidence ne peut être confiée au même sociétaire, pendant deux années consécutives.

Voici la nouvelle rédaction :

Les Membres du Bureau et du Comité sont rééligibles; mais le Président est élu pour deux années consécutives et n'est pas immédiatement rééligible.

M. Henri Mathieu donne communication de sa note sur les voies de triage en usage en Angleterre.

Les gares de triage sont, en général, établies au point de convergence d'un certain nombre de lignes d'un même réseau, ou de réseaux différents. Leur but est de recevoir, à la fois, plusieurs trains contenant des wagons de toutes les directions, de les décomposer pour les recomposer en attelant, dans les trains nouveaux, les wagons d'une même direction, et, dans chaque train, ces wagons dans l'ordre de succession des stations, — afin qu'en route, il n'y ait plus de manœuvres de décomposition ou de recomposition à opérer.

Nos réseaux français ont un grand nombre de gares de triage : à Villeneuve-Saint-Georges, près Paris, par exemple, la compagnie P.-L.-M. a une installation de ce genre pour réunir ensemble tous les wagons destinés, soit à la compagnie d'Orléans, soit à la compagnie de l'Ouest, etc.

Ces gares sont établies d'ordinaire en éventail, c'est-à-dire, avec des voies divergentes à leur origine, puis parallèles, reliées entr'elles transversalement au moyen de plaques tournantes.

Les trains arrivants, occupent un certain nombre de voies, les trains nouveaux sont formés sur les voies contiguës, chaque voie correspond à une direction déterminée, et les wagons y sont amenés, soit au moyen de manœuvres à la machine, soit au moyen de manœuvres à bras, ou par traction de chevaux, par l'intermédiaire des plaques tournantes.

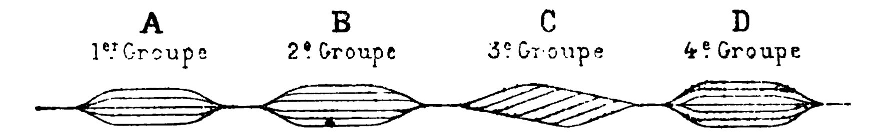
Dans cette disposition, il y a beaucoup de parcours inutiles; pour passer d'une voie à l'autre, quand on ne se sert pas des plaques, les wagons sont obligés de faire en rebroussement le chemin qu'ils ont fait en avant. De là, pertes de temps, dépenses de manutention, nécessité de grands espaces et voies nombreuses.

Ces gares en éventail existent encore en Angleterre, mais on les aban-

donne successivement pour les remplacer par, ce qu'on a appelé, *les grils*, ou voies de triage en forme de parallélogramme.

Le principe de l'établissement de ces grils est celui-ci : un wagon amené par un train, et jusqu'au moment où il est placé dans le train qui doit le conduire à sa destination, doit toujours être poussé en avant, et ne jamais revenir en arrière, c'est-à-dire, ne jamais faire de fausses manœuvres.

En général, une gare de triage se compose de quatre groupes de voies, que nous désignerons par A, B, C, D, placés à la suite les uns des autres :



Premier Groupe. — Dans le groupe A, on reçoit tous les trains de marchandises qui, arrivant du réseau, doivent être décomposés.

2e Groupe. — Les voies du groupe B sont nombreuses, chacune d'elles correspond à une direction du réseau, ou à des embranchements. On y conduit successivement, un à un, les wagons arrivés dans le groupe A, — et on les place sur la voie qui correspond à leur direction. — C'est ce qu'on pourrait appeler : le groupe des *directions*.

3e Groupe. — Sur le groupe B, les wagons sont encore pêle-mêle, il faut les mettre par ordre de succession des stations ; c'est ce qu'on fait en les passant du groupe B dans les voies du groupe C ; on pourrait appeler ce groupe, le groupe *des stations*.

4e Groupe. — Enfin pour terminer la composition du train, on fait passer dans un quatrième groupe de voies D, tous les wagons placés sur chaque voie du groupe C, et par ordre de succession des stations.

Comme on le voit, le wagon a toujours été en avant, jamais il n'est revenu sur ses pas.

Cette disposition en 4 groupes est quelquefois, en pratique, réduite à 3. Cela dépend essentiellement de la nature du trafic, des circonstances locales, etc..

Examinons maintenant comment on fait passer successivement, les wagons d'un groupe dans celui qui le suit.

Il y a pour cela deux systèmes :

1° Celui, où les voies des groupes sont placées sur un plan incliné, et où les manœuvres se font par la *gravitation*.

2° Celui, où les voies sont placée de niveau, ou à peu près, et où les manœuvres se font à l'*aide de chevaux*.

On trouve, en Angleterre, des exemples des deux systèmes ; — nous allons les passer rapidement en revue, et nous donnerons pour chacun d'eux les dispositions principales, la longueur des voies, la surface occupée, le travail journalier, et enfin le prix de revient annuel de la manutention.

1° Gares du 1er Système. — Gravitation.

1° *Gare d'Edge-Hill.* — La station d'Edge-Hill, sur le London-North-Western, est située dans la banlieue de Liverpool; c'est le point de réunion de tous les chemins de fer qui aboutissent aux nombreuses gares qui desservent la ville, le port et les docks. Edge-Hill est donc une station centrale, d'où partent le plus grand nombre des wagons qui vont aux divers lieux que nous venons d'indiquer, et qui en reviennent. Il était dès lors, essentiel d'avoir là une gare de triage pour décomposer les trains arrivant de tous les points du royaume, pour en composer de nouveaux, uniquement avec les wagons à destination de chacune des gares ou entrepôts divers de Liverpool, et pour faire l'opération inverse.

Le garage d'Edge-Hill, appartient au système de manœuvre par *gravitation.* Il comprend les quatre groupes définis plus haut.

Premier groupe. — Les voies du 1er groupe sont au nombre de six, elles sont à côté les unes des autres, elles peuvent recevoir de cinq à six trains à la fois; on comprend d'ailleurs que les opérations de triage ne peuvent se faire avantageusement, économiquement et rapidement qu'autant qu'il y a plusieurs trains à décomposer à la fois.

Les wagons sont amenés, sur le 1er groupe, par les locomotives titulaires des trains, et lorsque ces trains sont garés à leur place, les machines rentrent au dépôt.

Sur ces voies, l'inclinaison de la plate-forme des rails est de $8^m/_m$ à $11^m/_m$ de manière à faciliter le départ des wagons et leur conduite vers le 2e groupe.

2e Groupe. — Le deuxième groupe, présente la figure d'un lozange, il contient sept voies et chaque voie huit à dix wagons; en outre, à chacune de ces voies correspond une des grandes directions du réseau, en sorte que tous les wagons, avant de passer du premier groupe dans le deuxième, doivent avoir été reconnus, et porter la marque de la voie qu'ils iront occuper dans le deuxième.

C'est en effet, ce qui a lieu : aussitôt que le train arrive dans le premier groupe, on fait la vérification de la destination de chaque wagon et on inscrit à la craie, sur la paroi de bout, le numéro de la voie du 2e groupe, qui correspond à la direction qu'il doit suivre.

Voici maintenant comment se fait la manœuvre:

Chaque wagon du 1er groupe est poussé, à bras, par les hommes d'équipe, une fois en marche l'inclinaison de la voie accélère sa vitesse, et lui permet de franchir les aiguilles qui séparent les voies des deux groupes. Un homme accompagne chaque wagon, et l'arrête à sa place, soit à l'aide du frein à main, soit à l'aide d'un long morceau de bois, aminci par un bout et qu'il passe entre le brancard du châssis et les rayons des roues.

Un aiguilleur, placé entre les deux groupes, ouvre à chaque wagon la voie qu'il doit prendre et qui est inscrite, comme nous l'avons dit, sur la paroi de bout.

La pente des rails de ce 2e groupe, est de 11 m/m à 12 m/m5.

L'espacement des rails dans les garages est assez large pour permettre aux hommes de circuler entre deux voies contiguës.

3e Groupe. — Le 3e groupe est également composé de sept voies. — C'est dans ce 3e groupe que les wagons de chaque direction, formée dans le deuxième, sont classés successivement, suivant l'ordre des stations du réseau, et pour cela, à chaque voie de ce groupe correspond une station déterminée.

4e Groupe. — Enfin, lorsque tous les wagons sont ainsi triés et classés par direction et par station, on compose les trains définitifs en faisant passer ces wagons sur un 4e groupe de voie, d'où ils partent pour le réseau.

La manutention est par là réduite au minimum de dépense : suppression des locomotives, suppression des plaques tournantes, pas de wagons revenant sur leurs pas, par conséquent pas de fausses manœuvres ; tels sont les avantages que présente cette nouvelle disposition.

Surface. — Étendue des voies. — C'est dans l'inclinaison des voies, dans la *gravitation*, comme nous l'avons dit, qu'on trouve la puissance motrice nécessaire à tous les mouvements. — Pour obtenir cette inclinaison, quand elle n'est pas donnée par la configuration du sol, il faut la créer et c'est là souvent une forte dépense. A Edge-Hill, la disposition des lieux a été très-favorable, car à côté de la gare, on a trouvé une surface de 16 hectares présentant, avec les voies principales, une différence de hauteur de 10m50, qu'on a utilisée fort à propos.

Inclinaison. — L'inclinaison de la plate-forme n'est pas uniforme ; comme nous l'avons vu, elle est de 8 m/m à 11 m/m sur les voies de garage du 1er groupe, et de 11 m/m à 12 m/m 5 sur les voies des grils. — Cette différence tient à ce que sur les grils, les nombreuses aiguilles, que les wagons ont à franchir, créent des résistances qu'il faut pouvoir vaincre facilement.

Trafic. — L trafic, auquel peut satisfaire le garage d'Edge-Hill, correspond à un mouvement de 100 trains ou de 3,000 wagons par jour ; c'est par année de 300 jours, environ 900000 wagons à trier et à manœuvrer.

On peut encore citer, parmi les grandes gares de triage établies avec *gravitation*, celles de Shildon, Newport et Newcastle.

Ces gares ont également un mouvement journalier de 2,000 à 2,500 wagons.

Voici, pour la gare de Shildon, le prix de la manœuvre des wagons pleins, pendant l'année 1873 :

1° Inspecteurs et pointeurs	7,050	fr.
2° 39 hommes d'équipe	60,000	
3° 11 graisseurs	11,300	
4° 1 locomotive	50,000	
	128,350	

ce qui fait ressortir à 21 cent., le prix de la manœuvre d'un wagon.

2e Système. — Manœuvres par traction de chevaux.

Nous passons à la description du deuxième système de manutention, par la *traction des chevaux.*

On trouve deux exemples très-remarquables de cette disposition sur le chemin de fer du Midland, près de Derby, dans les deux garages : l'un de Chaddesden, l'autre de Totton. Mais ces deux garages ne présentent chacun que trois groupes, par conséquent le triage par station n'y existe pas, il n'y a que le seul triage par direction ou district. Il est probable que cette installation suffit à la nature du trafic ou de l'organisation du mouvement du réseau.

Gare de Chaddesden. — Le garage de Chaddesden, situé près de Derby, qui est le centre du réseau du Midland, est spécialement destiné à la manutention des wagons chargés de marchandises ordinaires; le triage des wagons de houille, minerais, etc., se fait à Totton.

Comme nous l'avons dit plus haut, ce garage se compose seulement de trois groupes que nous appellerons A, B, C.

Premier groupe. — Dans le premier groupe A, tous les trains de la ligne viennent se garer, au fur et à mesure de leur arrivée. Aussitôt en place, la machine, qui est en tête, se détache et va gagner son dépôt. Au même instant, une autre machine de manœuvre le pousse par derrière et l'approche le plus près possible du deuxième groupe B.

2e groupe. — Ce deuxième groupe est composé de trente-cinq voies parallèles de longueurs différentes.

A chaque voie correspond une direction déterminée, et aux voies les plus longues les directions les plus fréquentées.

Dès que la manœuvre à la machine est terminée dans le premier groupe, on fait la reconnaissance des wagons et, en même temps, on y attelle un cheval qui conduit chaque wagon, ou plusieurs à la fois, suivant les cas, sur la voie qui convient à sa direction. — Les aiguilles sont faites par des hommes spéciaux.

Les chevaux, conduits par la bride, tirent les wagons jusqu'à leur place définitive.

3e groupe. — Quand les trains sont ainsi triés, ou quand on estime qu'il

y a, sur le garage B, des wagons en nombre suffisant pour composer des trains définitifs, on fait repasser tous les wagons par ordre de classement dans le troisième groupe C. Le groupe C se compose de six voies, on peut, par conséquent, y recomposer au moins six trains à la fois.

Pour faire passer les wagons du groupe B dans le groupe C, on emploie encore les chevaux. — Les machines arrivent seulement, à la dernière minute, pour se mettre en tête des trains et les emmener.

INCLINAISON. — Les voies de ce garage sont de niveau avec les voies principales du chemin de fer, elles n'accusent donc pas d'inclinaison exceptionnelle, et, comme on l'a vu, toutes les manœuvres sont faites à l'aide de chevaux.

Mais, ainsi que nous le montrerons, il en résulte une augmentation sensible de la dépense, puisque, pour faire ces manœuvres, il faut six locomotives et quatre-vingt-dix chevaux.

NOMBRE DE VOIES. — Le nombre des voies du premier groupe est de dix, celui du deuxième groupe est de trente-cinq et, enfin, dans le troisième on peut composer en même temps des trains pour six directions. — La longueur totale de ces voies est de 32 kilomètres.

TRAFIC. — En 1873, le nombre de wagons reçus, triés et expédiés, par ce garage, a été de un million dix-huit mille wagons, soit trois mille trois cent soixante par journée de vingt-quatre heures.

Cinq trains peuvent être triés à la fois, et, dans une heure, onze trains de 35 à 40 wagons peuvent être décomposés et recomposés.

GARAGE DE TOTTON. — Le garage de Totton est uniquement consacré au triage des trains de houille, de minerai, etc. Le développement des voies qui le composent est d'environ 26 kilomètres.

PRIX DE MANUTENTION. — Voici maintenant, pour ces deux garages, le prix de revient de ces manutentions.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION.	CHADDESDEN.	TOTTON.	OBSERVATIONS.
		fr.	fr.	
1	Employés	233.160	169.770	
2	Habillement	8.361	11.275	
3	Chevaux	113.695	111.975	Comprend la dépréciation des chevaux.
4	Machines locomotives	334.275	208.925	L'heure de manœuvre est comptée à 6 fr. 25 c.
		689.491	501.945	

De ces chiffres, il résulte qu'à Chaddesden, pour l'année 1873, le prix de la manutention par wagon a été de : 0f.677.

Si on compare ce résultat avec ceux donnés par le système de la gravitation on trouve :

Garage de Shildon, — Wagons à houille —	pleins..	0 fr. 21	par wago
— —	vides..	0 fr. 13	—
Garage de Chaddesden, — Wagons à marchandises de toutes espèces		0 fr. 677	—

Ainsi, d'après ces résultats le système de la gravitation serait environ trois fois moins cher que celui de la traction par chevaux.

Je viens de citer ce qui se fait en Angleterre : depuis mon voyage, j'ai eu occasion de lire une traduction du Rapport de la Commission de l'Union des chemins de fer du Nord de l'Allemagne, où se trouvent des renseignements très-intéressants sur l'emploi, dans ce pays, des voies de triage.

Mais d'après les termes de ce rapport, je suis porté à croire, que les dispositions adoptées en Angleterre diffèrent de celles usitées en Allemagne, où les manœuvres se font au lancé; tandis qu'en Angleterre, elles se font sans le secours des machines, soit avec la gravité, soit avec des chevaux.

Le triage par la gravité, est-il dit, existe à Dresde depuis 28 ans, à Leipzig depuis 16 ans, à Zwickau depuis 13 ans. — Les autres gares citées sont celles de Schemnitz, de Cologne et de Halle.

Le triage sur voies horizontales, sans intermédiaire de plaques tournantes est établi dans les gares de : Lehne, Hainholz, Brunswick, Borssum, Buckau et Nordhausen. Le Rapport signale aussi l'emploi de grands chariots, à vapeur, à niveau, desservant 11 voies parallèles, et qu'on trouve à Berlin et à Strasbourg.

Enfin il donne quelques renseignements sur l'usage des plaques tournantes.

Le prix de revient comparatif, de ces divers modes de triage, se résume comme suit : par wagon,

1° — Voies de triage	en pente	0 fr. 142;
2° — —	horizontales.	0 fr. 345;
3° — —	avec chariots à vapeur	0 fr. 220;
4° — —	avec plaques tournantes	0 fr. 375.

Les conclusions de la Commission sont celles-ci : elles recommandent les tiroirs en pente pour les grandes gares de triage, moyen le plus rapide, le plus sûr, le plus économique; les chariots à vapeur pour les gares de marchandises, moyen économique et rapide pour l'échange des wagons; les plaques tournantes pour les grandes gares de transbordement, comme moyen de bien utiliser les chargements. Enfin, la pose de freins à tous les wagons de marchandises.

M. Goschler demande si, dans les prix de revient qu'a indiqués M. Mathieu, il a été tenu compte des frais d'installation des gares à déclivité.

M. Mathieu répond qu'il n'en a pas été tenu compte; il y a donc lieu d'augmenter les chiffres de ce fait, mais cette augmentation serait très-

minime, soit deux centimes par wagon. Il ne croit pas non plus que les prix relatifs aux gares de triage allemandes, tiennent compte des dépenses d'établissement.

M. le Président est d'avis que le système de groupement qui vient d'être décrit, doit entraîner à des dépenses considérables, tant par suite de l'énorme emplacement qu'il exige, qu'à cause de la grande quantité de matériel fixe nécessaire. Il a eu occasion de voir dans certaines gares du réseau d'Orléans, employer un système un peu brutal, il est vrai, mais d'une grande simplicité; ce système qualifié de système anglais, offre une partie des avantages du système de décomposition successive.

Ainsi, à la gare d'Angoulême, la machine de gare, prend le train de marchandises à décomposer dans la gare, le conduit sur une voie située à l'extrémité de celle-ci, et là, par des coups de tampons successifs, fait passer les wagons sur les voies différentes, où ils doivent être placés, et où ils sont arrêtés par des hommes d'équipe. Cette manœuvre se fait très-rapidement, en un quart-d'heure ou vingt minutes au plus, et doit être très-économique; on peut lui reprocher d'être destructive pour le matériel roulant, mais cette objection a moins d'importance depuis l'emploi des châssis en fer.

M. J. Morandiere rappelle que l'usage des chariots à vapeur, pour les manœuvres dans les gares, commence à se répandre en France, où il a été introduit par les chemins de fer de l'Est et de l'Ouest; il existe un appareil de ce genre à la gare de Batignolles, la machine donne le mouvement au chariot, et sert aussi pour amener les wagons sur l'appareil. En Allemagne, dans des gares peu importantes, le chariot n'a pas de machine spéciale, c'est une petite locomotive qui le fait mouvoir; cette locomotive peut également circuler sur les voies ordinaires et y servir comme machine de gare.

Dans un autre ordre d'idées, M. Morandiere signale un changement, dit aiguilles anglaises[1], très-employé en Angleterre et en Allemagne; son adoption réduit la longueur des traversées de voies et conduit à une diminution de longueur des gares à marchandises.

Après l'observation faite par M. le Président, que la réduction de longueur des traversées de voies, doit nécessairement conduire à l'emploi de courbes telles que les machines à écartement ordinaire n'y passent qu'avec difficulté. M. Morandiere fait au tableau un croquis sommaire du système d'aiguilles, et explique que toutes les pièces du croisement étant mobiles, les courbures se maintiennent dans les conditions convenables.

M. Regnard a eu occasion de voir récemment, aux États-Unis, des chariots à vapeur avec treuil, pour amener les wagons, analogues à ceux dont vient de parler M. Morandiere; il désirerait savoir si, dans les gares de triage qu'a décrites M. Mathieu, il y a des installations mécaniques.

1. Ce changement est décrit dans le *Traité d'exploitation des chemins de fer*, de M. Goschler.

M. Mathieu répond qu'il n'y existe aucune installation de ce genre, toutes les manœuvres sont faites par la gravitation, ou à son défaut par des chevaux; il n'y a du reste aucune analogie à établir entre les gares de triage, qui sont de simples voies et les grandes gares, qui exigent des appareils mécaniques, pour le chargement et le déchargement des wagons.

M. Mathieu donne ensuite lecture de sa communication sur le Block-System.

Sur la double voie, le mode d'exploitation par le *Block-System*, d'origine anglaise, comme l'indique son nom, consiste à substituer, dans la succession des trains marchant dans le même sens, la distance au temps.

En France, l'intervalle que les trains, placés dans les mêmes conditions, doivent mettre entre eux, est réglé de la manière suivante; je cite les prescriptions en usage sur le chemin de fer du Midi.

1° Aucun train ne doit partir d'une gare, ou la dépasser, avant qu'il se soit écoulé, depuis le départ ou le passage du train précédent, un intervalle de dix minutes;

2° Cet intervalle peut être réduit à 5 minutes :

a) Lorsque le premier train a une marche plus rapide que le deuxième;

b) Lorsque la distance à parcourir sur la même voie, par les trains qui se suivent, n'excède pas deux kilomètres;

3° On peut encore réduire cet intervalle à trois minutes, quand deux trains qui se succèdent, à une gare d'embranchement, doivent à moins d'un kilomètre de cette gare suivre chacun une direction différente.

Il n'y a pas de difficultés dans les gares pour l'exécution de ces mesures, mais sur la ligne, quand les trains sont nombreux et qu'ils atteignent le chiffre de cinq à six par heure, les cantonniers isolés, chargés de faire les signaux, sont déjà embarrassés pour apprécier l'intervalle de cinq et dix minutes à maintenir, suivant les cas, entre deux trains consécutifs; aussi, quand ce nombre est dépassé, il est évident que la surveillance devient très-difficile, et, on comprend qu'on ait cherché des appareils enregistreurs, pour remplacer l'attention et la mémoire des hommes qui, à un moment donné, peuvent faire défaut.

En outre, pour des trains qui circulent dans le même sens, et qui sont animés de vitesses différentes, c'est une certaine distance qu'il faut maintenir entre eux, bien plus que le temps. Car si au départ de deux trains d'une station, on est assuré que le plus rapide ne sera pas joint par l'autre, on ne peut plus avoir la même assurance sur la ligne, où ce même train peut rejoindre un train lent qui le précède.

En conséquence, on a été conduit à diviser les lignes en sections de 5 à 10 kilomètres, et moins encore, et à n'admettre dans chacune de ces sections qu'un seul train à la fois.

Dans de pareilles conditions, un train est toujours gardé en avant et en arrière, et jamais une jonction ne peut avoir lieu, si toutes les prescriptions de surveillance sont exécutées et si tous les appareils fonctionnent bien.

La ligne étant ainsi divisée en sections de 5 à 10 kilomètres de longueur, qui est la distance ordinaire des stations, on voit, qu'en général, c'est entre deux stations consécutives que les trains peuvent circuler en toute sécurité.

Les avis de voie libre ou de voie engagée sont donnés par une station aux deux stations qui lui sont immédiatement contiguës, à l'aide du télégraphe.

Ces prescriptions ont une très-grande analogie avec celles qui existent sur la voie unique, et qui très-probablement ont été le point de départ du Block-System appliqué à la double voie.

Avantages.—Tels sont donc le but et l'avantage poursuivis avec le Block-System : d'éviter en cantonnant, en *bloquant* chaque train dans un espace déterminé, qu'il ne soit joint par un autre train et qu'il ne rejoigne celui qui le précède.

Il est inutile de s'appesantir sur les avantages d'un pareil système, et on comprend très-bien la faveur dont il a été l'objet, auprès de l'administration du Board-of-Trade, et du public.

Inconvénients. — Quant aux Compagnies, elles ont résisté autant qu'elles ont pu à l'obligation qu'on voulait leur imposer, de substituer ce système d'exploitation à celui en usage.

Il n'a pas fallu moins que la menace d'une loi, pour amener toutes les Compagnies anglaises à accepter la décision prise par la Commission des accidents.

En outre de l'inconnu, en ce qui regardait l'application même du système, les Compagnies prévoyaient que son usage donnerait une forte augmentation de dépenses. C'est ce que confirment les renseignements cités depuis, par M. Findlay, directeur de la Compagnie London-and-North-Western, et desquels il ressort que sur 1280 kilomètres de ce réseau, exploités avec le Block-system, la main-d'œuvre de surveillance a été portée de 937 francs à 1562f.50 par kilomètre, et le nombre des agents de 840 à 1 250 en totalité.

La résistance des Compagnies était donc justifiée; en outre, il est résulté de la pratique que, par le fait de trains retenus dans le Block, pour des motifs quelconques, la vitesse des trains s'est trouvée diminuée, et qu'au lieu de marcher à 80 kilomètres à l'heure, on ne pouvait plus dépasser une moyenne de 64 kilomètres. De là, une réduction sensible dans le nombre des trains qu'on pouvait faire circuler sur une même ligne, d'après l'ancien système, par conséquent, réduction dans la capacité de transport des réseaux.

Enfin toute l'économie du système nouveau, reposant sur les signaux mus par l'électricité, la rapidité des mouvements, comme la sécurité des trains se trouvaient liées au fonctionnement souvent irrégulier de cet agent, et aux indications quelquefois erronées qu'il peut donner.

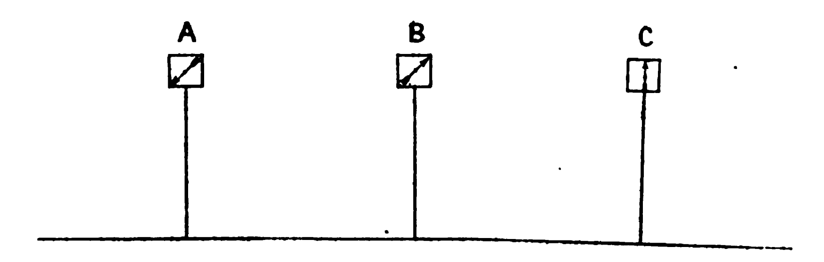
Toutes ces objections, qui ont été résolues d'une façon plus ou moins satisfaisante par la pratique, n'ont pas empêché le Block-System de se répandre, et, au 1er janvier 1875, on constatait qu'il était appliqué en Angleterre seulement, sur 8360 kilomètres, c'est-à-dire sur près de la moitié du réseau exploité.

Description des appareils. — Nous avons dit que les indications, dans les sections de Block, étaient données par des signaux électriques.

Chaque Compagnie a, en général, ses appareils propres.

Au Midland, chaque poste de Block est composé de deux appareils à cadran, sur lesquels une aiguille marque, par son inclinaison sur la verticale, à droite que la voie *est libre*, à gauche qu'elle *est occupée*.

Soit A, B, C, trois stations consécutives ; il ne s'agit ici que des lignes à double voie :



Un train T arrivant en A, le chef de station a dû demander à B si la voie était libre, et il ne laisse continuer au train T sa route, qu'autant qu'il a reçu de la station B l'avis que la voie est en effet libre entre A et B. Aussitôt que le train T a quitté A, cette station en prévient B, qui à son tour demande à C si la voie est libre ; il s'apprête dès lors à recevoir le train T, et à son tour, ne le laisse passer que si la station C lui a répondu que la voie était libre entre B et C ; et ainsi de suite.

Il est évident, que si C répond que la voie n'est pas libre, parce que un train qu'elle attend n'est pas encore arrivé, le train T est retenu par la station B.

Signaux à distance.— La traduction des signaux de voie libre, ou de voie occupée, qui sont envoyés aux chefs de stations, par les stations contiguës, est donnée aux mécaniciens des trains, par des signaux à distance. Les appareils sont, non pas des disques comme en France, mais des sémaphores à bras horizontaux ou inclinés, manœuvrés du poste de la station.

En Angleterre, toute station est protégée par deux signaux : 1° le signal à distance, qui est à 6 ou 800 mètres du bâtiment ; 2° le signal de la station, qui en est à 200 mètres au plus. Le premier est un signal d'avertissement, il veut dire : *Prenez-garde ;* les mécaniciens peuvent le franchir, mais, en aucun cas, le deuxième ne doit être dépassé.

On voit donc, qu'un train en marche est en effet bloqué entre deux postes consécutifs; quand il est entre A et B — A est prévenu par B que B peut le recevoir, de son côté B a averti A qu'il l'attendait, et en même temps C est avisé par B qu'un train va lui être envoyé, si la voie est libre.

Donc, en théorie, aucunes chances d'accidents; en pratique, quelles peuvent-elles être?

Si B attaqué par A pour savoir si la voie est libre entre A et B, ne répond pas, A garde le train jusqu'à ce que B réponde. Là il n'y a pas de chance d'erreur. Mais où l'erreur est possible, c'est quand B ayant répondu que la voie entre A et B était occupée, le signal à aiguilles donne une indication contraire, ou lorsque l'agent oublie de fermer le signal à distance.

Pour obvier au premier cas, le chef de station A répète à B, sur un deuxième cadran, les signaux qu'il a reçus de lui.

Pour éviter le second, il faudrait que le courant électrique qui actionne l'aiguille, indiquant voie ouverte ou voie fermée, fasse fonctionner lui-même le signal à distance.

La solution de ce problème, à notre connaissance, n'a encore été donnée, d'une manière satisfaisante, que par les appareils de MM. Lartigue et Tesse, en expérimentation au chemin de fer du Nord français, et je ne connais rien qui, en Angleterre, puisse être mis en parallèle.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les dispositions principales du Block-System. En consultant l'ordre de service de la Compagnie du Midland à ses agents, réglementant l'usage des appareils de Block, on verra que le nombre des signaux d'avertissements divers qu'on peut faire avec la sonnerie et un cadran s'élève à 22; — qu'il y a là, tout un vocabulaire, assez délicat à appliquer correctement; enfin, qu'il y est spécialement prescrit d'accuser réception de tous les signaux en les répétant.

L'opinion des Ingénieurs anglais sur le Block-System, ainsi que le fait voir la discussion qui a eu lieu, en mars et avril 1875, à l'Institut des Ingénieurs civils de Londres, sur l'exploitation des chemins de fer, ne lui est pas favorable. C'est un système d'exploitation que les Compagnies ont subi; mais d'autre part, il n'y est fait mention d'aucun autre système qui assure au même degré la sécurité.

Dans une de nos précédentes séances (le 18 septembre 1873), M. Lartigue vous a exposé ici, d'une manière complète les principales exigences de l'exploitation par le Block-System, en même temps qu'il vous faisait connaître l'appareil qu'il a imaginé pour assurer cette exploitation. Mon but aujourd'hui, à la suite du voyage que j'ai fait en Angleterre, est 1° *d'appeler l'attention* sur ce fait: que le Block-System, tel qu'il est établi et imposé, n'a pas l'assentiment de la plupart des Ingénieurs et Directeurs des Compagnies anglaises, lesquels préféreraient la liberté qu'ils avaient autrefois; et 2° de demander aux Ingénieurs, qui s'occupent de ces questions, si les divers systèmes en usage en France, sur l'Ouest, sur le Nord, sur P.-L.-M. sont préférables aux systèmes anglais, et s'ils donnent toute sécurité, tout en permettant le maximum de mouvement possible.

M. Henri Lartigue remercie M. Mathieu d'avoir bien voulu citer son nom, et est heureux de lui répondre que l'emploi du Block-System n'entraîne pas nécessairement les inconvénients qui ont été signalés en Angleterre. Les appareils employés au chemin de fer du Nord depuis plus de trois ans, répondent complétement aux objections faites au système anglais.

Avec celui-ci, il y a premièrement grande chance de perte de temps dans la transmission des signaux, surtout si l'agent qui doit recevoir n'est pas à son poste; dans le système français, au contraire, l'agent qui expédie un train sait comment est la voie au delà, et n'a pas besoin d'un correspondant pour lui faire savoir si elle est libre. Cela existe dans les deux systèmes français : Regnault à l'Ouest, et Lartigue et Tesse au Nord.

L'augmentation considérable de dépenses signalée sur les lignes anglaises par suite de l'emploi du Block-System tient à ce que, dans les systèmes anglais, il faut des agents spéciaux toujours à leur poste pour échanger les signaux ; par conséquent un personnel de jour et un personnel de nuit. Au chemin de fer de l'Est, dans quelques postes pourvus d'appareils Tyer, le nombre des agents a même été porté à trois pour réduire les heures de travail de 12 à 8; au chemin de fer du Nord, au contraire, on n'a pas pris un agent de plus.

Un rapport fait par M. Couche, et proposant l'extension du système à 840 kilomètres, indiquait que cette installation pourrait se faire sans nécessiter la plus légère augmentation de personnel, puisque le travail des agents n'exige pas plus d'un quart de minute au moment de l'expédition ou du passage du train et que la manœuvre des appareils peut être confiée dans les stations à des agents chargés d'autres travaux, et aux passages à niveau aux gardiens, hommes ou femmes. On voit immédiatement quelle doit être la différence des frais dans les deux systèmes.

M. Lartigue a eu récemment à établir une évaluation des dépenses résultant de l'adoption du Block-System avec les électro-sémaphores; on arrive à une augmentation de dépense de 100 francs environs par kilomètre et par an, et cela en tenant compte de l'amortissement et de l'intérêt à 6 pour 100 des frais de premier établissement, avec des appareils espacés à 4 kilomètres.

On a dit que l'emploi du Block-System avait pour effet de diminuer la puissance des chemins de fer. On s'explique difficilement cette objection; le contraire serait vrai, car si on peut diminuer l'espacement des trains, on augmentera par là-même la puissance du chemin de fer; or, avec le Block-System on limite cet espacement au temps rigoureusement nécessaire au parcours d'un poste au poste suivant; M. Lartigue cite les courses de Chantilly, où, à cause de l'emploi de Block-System, le contrôle a autorisé l'expédition de trains à 5 minutes de distance.

On a pu ainsi expédier l'année dernière 17 trains de grande vitesse, cette année 16, de Chantilly à Paris, de cinq en cinq minutes, et l'emploi du

Block-System a permis de réaliser en une heure un quart ce qui avec le système ordinaire eût exigé 2 heures 40 minutes.

Cette dernière objection, comme les autres, ne peut donc s'expliquer que par la nature et les défauts des appareils employés en Angleterre.

M. Lartigue répondant à une question de M. Mathieu, explique qu'il n'y a, avec ses appareils, que deux opérations à faire par train, au lieu de neuf.

L'agent d'un électro-sémaphore, au passage du train, l'annonce au poste en avant et le couvre par une première manœuvre qui consiste à faire un demi-tour de manivelle; puis, par une deuxième manœuvre identique, il rend la voie libre au poste en arrière. Les accusés de réception sont automatiques, et l'opération se fait sans le concours des agents des postes voisins.

Avec les systèmes où les signaux à vue sont distincts des appareils électriques, il faut :

I. — Lorsque le train est annoncé du poste précédent : donner à l'agent de ce poste l'indication que la section est libre (1).

II. — Lorsque le train arrive devant le poste : demander au poste en avant si la voie est libre (2); recevoir la réponse (3); donner le passage au train (4); le couvrir par les signaux à vue (5); signaler au poste en arrière que le train a quitté la section en arrière (6).

III. — Lorsque le train est arrivé au poste suivant : recevoir avis que la section en avant est rendue libre (7); accuser réception (8); effacer les signaux à vue (9).

Cette opération est, sur plusieurs lignes, compliquée d'indications accessoires. Elle nécessite, comme on le voit, le concours de trois agents : celui du poste devant lequel passe le train; celui du poste en arrière; celui du poste en avant.

En Angleterre on emploie le Block-System absolu, c'est-à-dire, que si la voie est fermée, on ne peut pas expédier le train, mais, en pratique, on a été conduit à adopter une limite d'attente. Au chemin de fer de Lyon c'est une demi-heure, à l'Ouest c'était dix minutes. Il y a un autre système, c'est le Block-Permissive, dans lequel le signal d'arrêt n'est pas considéré comme absolu; il est assimilé à un pétard et indique de marcher avec précaution jusqu'à ce que l'on rencontre un nouveau signal, soit confirmatif du ralentissement, soit de voie libre. C'est le système du Nord, et aussi, croit M. Lartigue, celui employé actuellement à l'Ouest; on diminue beaucoup ainsi les chances de retard.

M. J. Morandière confirme ce que vient de dire M. Lartigue au sujet de la Compagnie de l'Ouest. Avec les appareils de M. Regnault employés au chemin de fer de l'Ouest, l'agent A qui veut prévenir du passage d'un train, fait un signal télégraphique, la réponse revient automatiquement par le même fil, au point de départ A, où elle se traduit par une inclinaison de l'aiguille du cadran, de sorte que l'agent A a devant lui le signal de la voie occupée; il ne peut défaire ce signal, lequel ne peut être remis à voie libre que par l'agent B du poste attaqué, et lorsque le train est passé; l'absence

d'un agent au poste B n'empêche donc pas le train d'avancer. Cette disposition et la rédaction du règlement sont combinées dans ce but qu'un dérangement des appareils électriques ne donne aucune incertitude dans la marche des trains.

Une remarque incidente est qu'il n'est pas avantageux de trop rapprocher les postes, parce qu'alors les signaux ne sauraient être faits à la distance voulue pour arrêter les trains lancés à grande vitesse.

M. Lartigue sur une demande de M. Mathieu, explique que l'intervalle qu'on peut établir en temps entre les trains, avec le Block-System, dépend de la vitesse de marche des trains et de l'éloignement des postes; plus ceux-ci sont rapprochés, plus on peut réduire l'espacement des trains.

Le sémaphore est placé à la station même, ou. à des passages à niveau choisis convenablement. En résumé, on peut dire que ce n'est pas le principe lui-même du Block-System, qui doit être rendu responsable des inconvénients signalés en Angleterre, mais bien les appareils employés.

M. Lartigue répondant à une question posée par un Membre, dit que les statistiques ont prouvé que l'emploi du Block-System a amené une diminution réelle du nombre des accidents; il y en a eu malheureusement encore, et de très-graves, dus principalement à ce que les signaux à vue ne reproduisaient pas exactement les indications fournies par les appareils électriques; les appareils dans lesquels les signaux à vue sont solidaires des appareils électriques, ne présentent pas ces inconvénients.

M. le Président remercie M. Mathieu de son intéressante communication, ainsi que M. Lartigue des explications qu'il a données.

MM. Noblot, Paur, Sage et Valensi ont été reçus membres sociétaires, et M. Lefebvre, membre associé.



LES

CHEMINS DE FER EN ANGLETERRE

CONSTRUCTION ET EXPLOITATION

DES

GARES A MARCHANDISES DANS LES GRANDES VILLES

PAR M. DE COENE.

A diverses reprises je suis allé en Angleterre pour étudier la construction des chemins anglais et leurs aménagements intérieurs, et entre autres les méthodes employées pour établir les relations des chemins de fer avec la navigation; j'ai été ainsi amené à comparer le mode d'exploitation et la construction des grandes gares de marchandises en France et en Angleterre.

Dans une note spéciale, j'ai indiqué ce qu'il me paraissait convenable de faire pour établir dans les meilleures conditions possibles les relations entre les chemins de fer et les quais des bassins des ports de mer. Pénétré de la pensée qu'il pouvait être utile de faire connaître en détail les installations spéciales qui caractérisent les grandes gares anglaises, je me suis occupé de réunir tous les renseignements que j'ai pu recueillir, et je me suis attaché autant que possible dans cette étude à accompagner mes documents de dessins et de croquis, de manière à permettre à ceux qui s'occupent d'exploitations de connaître à fond la construction des gares anglaises. J'espère être ainsi arrivé à éviter beaucoup de tatonnements et d'études à ceux qui voudront appliquer les mêmes méthodes.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Lorsque l'on étudie les chemins de fer en Angleterre, et lorsqu'on les compare aux chemins de fer du continent, un point duquel il faut tenir grand compte, c'est le trafic énorme des chemins de fer anglais, les habitudes du public, le faible parcours des marchandises, l'absence de l'octroi et la liberté absolue dont jouissent les Compagnies anglaises au point de vue du camionnage. Les Compagnies anglaises ont la faculté absolue de faire ou de ne pas faire le camionnage, de recevoir en gare les marchandises ou de faire les expéditions de domicile à domicile[1].

La liberté laissée aux Compagnies anglaises a une importance considérable et leur donne des facilités beaucoup plus grandes que sur le continent pour imprimer aux divers services, dans les gares, la direction qui leur convient sans que le public puisse venir les troubler.

Les villes anglaises, en raison de la division des familles qui occupent généralement une seule maison, sont très-étendues, l'agglomération de la population est beaucoup moins grande que dans nos villes françaises. Dans les grandes villes chaque Compagnie a plusieurs gares de marchandises. Cette multiplicité des gares de marchandises a pour but de diminuer les transports par camions en amenant les marchandises le plus près possible de l'endroit où elles doivent être consommées.

Aussi malgré les dépenses énormes nécessitées pour l'expropriation des terrains ou par les travaux d'approche, les Compagnies anglaises ne reculent pas devant les sacrifices les plus considérables pour amener les marchandises le plus près possible du centre.

Quelques exemples serviront à faire voir ce qui se passe, et je choisis à cette intention deux des villes les plus importantes, Londres et Liverpool.

A Liverpool, une seule Compagnie, la Compagnie de Londres et North-Western, a six gares de marchandises.

La Compagnie de Lancashire et Yorkshire trois gares, le Midland deux gares, le Great-Western une gare.

A Londres, la Compagnie de Londres North-Western a, à elle seule,

1. En France au contraire, par l'article 52 du cahier des charges, les destinataires ont le droit de faire le camionnage.

cinq gares de marchandises. L'une de ces gares est au centre de la cité à 500 mètres de l'Hôtel de ville (Mansion-House).

Quatre des gares du London et North-Western à Liverpool sont placées sur le quai de Liverpool, rive gauche de la Mersey, et distantes les unes des autres de 2,500 mètres environ ; les deux autres sur la rive droite. L'examen du plan des villes de Londres et de Liverpool est donc intéressant à ce seul point de vue, et montre la différence qui existe avec la disposition des gares de Paris par exemple. A Paris les gares de la Chapelle, d'Ivry, de Bercy et des Batignolles sont à d'énormes distances du centre de la ville et les gares nouvelles qui ont été annexées aux anciennes, au lieu de se rapprocher du centre de Paris tendent au contraire de plus en plus à s'en éloigner.

A l'origine, la ligne de Lyon en avait une seule, celle de Bercy ; à cette gare on en a adjoint successivement deux autres : la gare de la Rapée et celle de Nicolaï, qui toutes les deux ont été construites en un point plus éloigné. Or, à cette augmentation des distances correspondent l'augmentation des dépenses et les difficultés de camionnage. Tandis qu'il est extrêmement facile de faire parcourir un ou deux kilomètres de plus aux trains de marchandises sans dépenses appréciables, un ou deux kilomètres de parcours en plus pour le camionnage créent des difficultés extrêmement graves et coûteuses pour les Compagnies. Les Compagnies anglaises entrent au contraire résolûment dans la voie du rapprochement et plusieurs gares se construisent actuellement au centre de la cité pour arriver à diminuer jusqu'à la plus extrême limite les frais de camionnage.

Il est juste toutefois de faire observer que jusqu'à présent les Compagnies anglaises, dans ces gares centrales, usant de leur liberté, ne font pas d'arrivages ni d'expéditions en gare, que tout le trafic dans ces gares particulières a lieu de domicile à domicile de manière à ce que l'enlèvement des marchandises se fasse à mesure de leur arrivée. La marchandise d'expédition collectée dans divers bureaux de Londres, est de là portée à la gare où elle est chargée immédiatement ; les écritures faites dans les bureaux de la ville permettent jusqu'à un certain point de gagner du temps.

Aux arrivages, la marchandise aussitôt arrivée est à la minute mise dans les camions et portée à domicile ; il est vrai de dire que l'absence d'octroi est d'un grand secours pour les gares anglaises, puisque l'on peut ainsi enlever les marchandises aussitôt l'arrivée en gare et sans

qu'il soit nécessaire de faire une reconnaissance spéciale comme celle qui est exigée chez nous. J'ai la conviction que les difficultés que l'on rencontre dans les gares françaises, les dépenses excessives auxquelles cette reconnaissance entraîne, le ralentissement opéré dans les manutentions, auront pour effet d'arriver à modifier les agissements de l'octroi, sinon à supprimer l'octroi des villes qui cause au commerce et aux Compagnies de graves préjudices en ralentissant leurs opérations. Je suis convaincu également que si le trafic prenait le développement des gares anglaises la suppression de l'octroi deviendrait une nécessité absolue.

Je ne saurais trop insister sur cette aggravation de nos charges en France à cet égard, et je crois que, lors de l'enquête de 1860, M. Moussette, qui avait fait la comparaison des gares anglaises et des gares françaises dans sa critique très-juste de l'étendue des gares françaises, ne s'était pas assez rendu compte de l'influence de l'octroi des villes, de cette douane intérieure un des plus cruels ennemis des Compagnies par le ralentissement obligé qu'il cause à nos opérations.

La première question à étudier chez nous sera donc celle de pallier l'inconvénient des formalités de l'octroi, et, comme je l'ai dit déjà dans une autre occasion, de voir s'il n'y a pas moyen de réduire la reconnaissance à celle faite par les employés des Compagnies qui pourront être chargés d'une délégation spéciale pour cet objet. (Annexe n° 2.)

Le régime du trafic de domicile à domicile n'est pas général partout en Angleterre, comme le dit M. Jacquemin dans son ouvrage sur les chemins de fer (page 464, tome 1er). La concurrence des chemins de de fer anglais, les nécessités du commerce et le désir de le mieux servir, commencent à obliger les Compagnies à conserver les marchandises d'arrivage dans leurs gares. Il arrive en effet qu'un commerçant, lorsqu'il fait des expéditions vers un point, n'a pas toujours vendu la marchandise qu'il expédie; il espère que lorsque cette marchandise sera arrivée à la gare il pourra arriver à la placer, à la vendre; mais pour la vendre, il faut qu'il la fasse voir, qu'il la présente à sa clientèle et il est donc de toute nécessité que cette marchandise attende quelques jours; car, si le commerçant était obligé de la transporter hors de la gare, il aurait à payer un double camionnage, une double manutention, de là des frais considérables surtout dans les grands centres et par suite des pertes très-sensibles pour le commerce.

Aussi les Compagnies anglaises ont-elles maintenant la tendance dans plusieurs endroits, à Londres et à Liverpool en particulier, à offrir

au commerce de vastes magasins à étages pour recevoir la marchandise et pour la conserver quelques temps, laissant ainsi aux négociants le temps de pouvoir trouver un preneur.

En Angleterre, dans les grands centres, cette idée se développe de plus en plus; à Liverpool, par exemple, il y a plusieurs gares qui se trouvent être, en même temps, un dépôt de marchandises. Ce dépôt est un moyen de crédit pour la marchandise qui y est déposée comme dans un magasin public, de sorte que cette marchandise supporte moins de pertes; sa valeur pouvant au besoin ne pas supporter de perte d'intérêts par le fait de son transférement à des tiers qui deviennent propriétaires par le seul fait du transfert de la lettre de voiture émanant de la Compagnie.

Les gares anglaises, dans certains cas spéciaux, tendent donc à devenir les analogues des docks; ainsi, tandis que les docks qui bordent les bassins reçoivent les marchandises importées, les mettent à l'abri, les conservent, les warantent, de même les gares des chemins de fer doivent devenir à leur tour les abris, les dépositaires et au besoin les garants des transactions entre négociants.

Sur le continent, où les marchandises parcourent de grandes distances sur les chemins de fer, le rôle que doivent tendre à remplir les gares est plus accusé qu'en Angleterre même, où les parcours par chemin de fer sont relativement faibles.

Pour en revenir aux gares anglaises, on peut les classer en deux catégories : les gares de passage et les gares d'entrepôt.

Mais, dans les deux systèmes, on recherche toujours le maximum de rapidité dans la manutention, telle est la règle absolue, et pour assurer cette rapidité, la concentration du travail sur une surface aussi restreinte que possible. On a accumulé sur certains points les systèmes les plus perfectionnés et les plus rapides pour la manutention des marchandises, d'où il résulte l'utilisation la plus complète de la surface occupée et l'utilisation la plus parfaite des wagons qui sont, en Angleterre, considérés comme de détestables magasins et qui, aussitôt arrivés, sont immédiatement déchargés pour être réexpédiés de nouveau.

Multipliant ainsi la faculté productrice du chemin de fer qui dépend de la vitesse imprimée au mouvement des wagons, vitesse qui est l'élément le plus puissant de la rapidité des transports en chemin de fer, car il est évident que du moment où les wagons sont constamment en mouvement, ils produisent un effet utile beaucoup plus considérable et qui n'a de

limite que la vitesse que l'on peut imprimer à leur circulation sur les voies ferrées; il est bien certain que cette activité toujours constante comparée à la nôtre (ou souvent nos wagons servent de magasins, ou nous différons les trains et les wagons chargés parce que nous ne pouvons pas les décharger), il est bien évident que la capacité utile de nos chemins est bien différente des chemins anglais quand le trafic prend une certaine activité sous l'influence des productions et des échanges à certaines époques de l'année.

Avant d'entrer dans la description des gares anglaises et dans la description des divers modes employés pour les manutentions de ces gares, il est un point sur lequel il est nécessaire d'appeler l'attention des ingénieurs. Dans un chemin de fer, tout devant concourir au même but, les opérations se lient étroitement les unes aux autres, et il n'est pas possible de faire une étude d'un détail sans consulter en même temps l'ensemble des opérations pour savoir si ce détail ne rencontre pas de difficultés dans le but général que l'on poursuit.

Ainsi les machines et leur poids sont liés étroitement à la constitution de la voie, à la dimension des rails, au nombre de leurs supports, elles sont étroitement liées à la roideur des courbes, à la déclivité du chemin. La forme du matériel roulant est une donnée qui dépend absolument de la disposition des gares et de la nature des objets transportés, de la manière dont la manutention s'opère dans ces gares.

En France, jusqu'à présent, les manutentions à la main et les gares d'une étendue considérable, n'ont pas fait sentir la nécessité d'étudier un matériel destiné à satisfaire aux exigences que créerait la manutention faite par les systèmes mécaniques.

Les wagons couverts en France sont très-nombreux; or ces wagons sont absolument impropres à l'usage des grues. Il faudra pour arriver à employer les pratiques, qui deviendront bientôt une nécessité, que nous réformions nos idées sur cette construction. A l'avenir, en prévision de ces changements, il ne faudra plus construire un seul wagon fermé par le dessus; il faudra que nos wagons, sans exception, puissent s'ouvrir à la partie supérieure pour que le crochet des grues puisse venir y prendre la marchandise et permettre l'usage des grues; car s'il en était autrement, il faudrait fractionner le service de la manutention et arrêter le service des machines devant certains wagons, ce qui, en immobilisant le travail mécanique, rendrait le service impossible, puisqu'il détruirait l'uniformité dans la manutention des marchandises.

Ainsi la première mesure à prendre avant toute autre, si on se décide à employer la méthode anglaise, et il faudra y arriver avec le développement du trafic, est de ne plus faire de wagons couverts.

Les wagons fermés, analogues aux wagons K de la Compagnie de l'Ouest devront avoir sur la toiture une trappe glissante qui permette au crochet des grues l'accès dans l'intérieur du wagon pour décharger les marchandises quelles qu'elles soient pour être mises en magasin, puisque, comme nous l'avons déjà dit, la nécessité s'accuse de plus en plus dans le trafic des grandes gares, de livrer au commerce des gares-magasins, où la marchandise puisse séjourner plusieurs jours en attendant l'enlèvement.

Je crois devoir insister d'une manière spéciale sur une étude attentive du matériel de transport pour répondre aux exigences de la manutention mécanique qui doit s'imposer de plus en plus dans les Compagnies de chemins de fer.

Il y a, en effet, deux causes prédominantes qui augmentent d'importance chaque jour et desquelles nous devons nous inquiéter pour préparer la transformation radicale de nos opérations.

La première cause est l'abondance du trafic qui se développe chaque année, cette abondance doit avoir pour effet, d'après les observations très-judicieuses de M. Moussette, d'étendre indéfiniment les gares.

Cette extension indéfinie, outre qu'elle devient pour les Compagnies une difficulté considérable en ce sens qu'il sera bientôt presque impossible, à moins de dépenses énormes d'acquisition, de trouver les emplacements nécessaires, cette extension a l'inconvénient très-sensible déjà de disperser les services sur une énorme étendue, de rendre la surveillance très-difficile et d'empêcher l'emploi d'engins mécaniques pour le déchargement.

La seconde cause qui nécessitera la transformation de nos opérations, c'est le prix croissant de la main-d'œuvre et sa rareté de plus en plus sensible. Cette cause qui déjà influe beaucoup sur le prix de revient des manutentions doit s'accuser chaque jour davantage et sera une nécessité très-prochaine pour les grandes gares. Le seul moyen d'atténuer les dangers et les inconvénients d'une pareille situation, c'est de diminuer les opérations manuelles et de les réduire le plus possible par l'emploi des appareils mis en mouvement par des machines à vapeur. Dans toutes les industries cette pensée se développe, chaque jour on cherche à diminuer la main-d'œuvre pour la remplacer par le travail des machines.

Cette préoccupation s'étend même à des travaux qui, jusqu'à présent, avaient paru devoir échapper à l'emploi des machines, dans les terrassements, dans les travaux de draguage de l'isthme de Suez, dans les travaux des tunnels du mont Cenis et du Saint-Gothard; dans la fabrication du fer et de l'acier, on commence à en faire le plus grand usage. La crise des charbons aurait été peut-être moins aiguë et se serait perpétuée moins longtemps qu'elle ne l'a fait si on avait pu substituer à la main-d'œuvre des machines pour l'abattage du charbon, et si nous sommes bien renseigné on recherche, en ce moment, le moyen de trouver les machines propres à remplacer en partie les ouvriers.

Pour les chemins de fer où la manutention augmente chaque jour d'importance et proportionnellement au trafic, il n'est plus possible de penser que l'emploi des appareils mécaniques ne devienne une nécessité prochaine au point de vue de l'économie. Il est aussi une nécessité créée par l'économie bien entendue des transports; s'il est facile de faire parcourir sur rails quelques kilomètres supplémentaires, il est très-onéreux, très-difficile et très-coûteux, de faire les camionnages sur ces quelques kilomètres, et la tendance des Compagnies doit être de rapprocher les gares des marchandises des grands centres à desservir. Or, cette nécessité de rapprochement des gares dans les emplacements où le terrain est à un prix élevé ne peut être résolue que par l'utilisation, à plusieurs étages, des terrains mis à la disposition des Compagnies, cette nécessité entraîne après elle l'emploi d'appareils mécaniques, et comme conséquence forcée, immédiate, absolue, la transformation du matériel couvert en un matériel découvert ou pouvant se découvrir.

Il est encore une nécessité toute spéciale à nos réseaux continentaux: les distances considérables que les marchandises ont à parcourir nécessitent souvent des transbordements aux points de contact des grands réseaux. Or, si on recule devant la nécessité des transbordements, cela tient à l'absence des modes perfectionnés de transbordement et ces modes ne peuvent exister que par l'emploi le plus complet des engins mécaniques de toutes sortes.

Ainsi donc, et nous croyons l'avoir démontré, tout concourt à faire que les moyens mécaniques de déchargement doivent être une des préoccupations d'un avenir très-prochain, si on ne veut pas voir les exploitations françaises grevées de dépenses énormes, non pas seulement par le fait de l'emploi de la main-d'œuvre aux déchargements, mais par l'impossibilité de la trouver et de rendre immédiatement disponibles les

wagons qui, par notre méthode d'exploitation, sont fort mal utilisés en ce sens que les wagons restent beaucoup plus de temps inoccupés qu'ils ne devraient l'être, puisqu'ils restent souvent plusieurs jours chargés et différés dans les gares faute de pouvoir les décharger[1].

Il se place ici une observation qui a des conséquences énormes dans la rapidité du dégagement des gares; pour le travail manuel il faut des surfaces dix et vingt fois plus considérables que pour le travail mécanique; avec une machine on peut sur quelques mètres, en accélérant la vitesse, faire dix et vingt fois plus de travail qu'avec des hommes. Par l'emploi des hommes la vitesse ne peut être augmentée qu'en étendant énormément la surface du déchargement.

Les exemples dans de pareilles questions sont le meilleur des arguments et servent mieux à démontrer l'efficacité et les avantages d'un système. Au Havre, la Compagnie de l'Ouest possède une grue à vapeur; avec cette grue, en une journée, on arrive à charger en wagons découverts 200 et même 250 tonnes de marchandises en huit heures au prix de $0^f,20$ à $0^f,25$, sur une longueur de voie qui n'excède pas 20 mètres. Or il est reconnu que la manutention à la main coûte environ $0^f,75$ par tonne en moyenne pour la marchandise dont on fait effectivement le chargement. 250 tonnes à $0^f,60$ représentent une dépense de 150 francs. En comptant les hommes au prix de $3^f,50$ il faudrait 43 hommes employés pour ce travail.

1. Pour préciser les inconvénients de notre système français, il faut citer les chiffres comparatifs des deux méthodes. Il résulte des chiffres de 1872, qu'en Angleterre, on a transporté 179 millions de tonnes, à une distance moyenne de 58 kilomètres; qu'en France on a transporté 53 millions de tonnes à une distance moyenne de 141 kilomètres.

Les Compagnies anglaises ont employé 301.000 wagons.

Les Compagnies françaises ont employé 141.000 wagons.

Chaque wagon anglais a donc fait comme tonne kilométrique

$$\frac{179^{\text{millions}}.000}{300.000^{\text{wagons}}} \times 58 = 34.624 \text{ tonnes.}$$

Chaque wagon français a fait comme tonne kilométrique

$$\frac{53^{\text{millions}}.000}{141.000^{\text{wagons}}} \times 148 = 55.500 \text{ tonnes.}$$

Mais chaque voyage de wagon anglais étant de 58 kilom., ce wagon s'est arrêté 5 fois, tandis que le wagon français qui parcourait 148 kilom. ne s'est arrêté que 2 fois.

Or, en comptant une perte de un jour par arrêt, le wagon anglais a perdu cinq jours, le wagon français deux jours. De sorte que la tonne effective du wagon anglais est de $34.620 \times 5 = 173.100$, et la tonne effective du wagon français est de $55.500 \times 2 = 111.000$, c'est-à-dire que pour faire le trafic anglais avec la méthode française, il faudrait un tiers en plus de wagons, soit 100.000 wagons à 2.500 fr. = $250^{\text{mil}}.000$ ou à 10 p. 100 une dépense annuelle supplémentaire de 25 millions.

Or, le travail de 43 hommes exige certainement l'emploi de 9 wagons à la fois à raison de 5 hommes par wagon, et c'est déjà beaucoup ; pour ces 9 wagons il faut au moins un espace de 90 mètres de longueur. Il en résulte que si l'on considère le prix plus considérable du chargement, l'intérêt du capital employé pour la création de la place disponible, on voit quelle marge est laissée à l'avantage de la vapeur qui n'emploie que vingt mètres de longueur, et qui, en n'en employant que 4 hommes au lieu de 43, rend le recrutement des hommes beaucoup plus facile.

Il est également une autre considération d'une importance non moins grande, c'est que la machine et un chauffeur sont immédiatement disponibles, tandis que les hommes sont souvent difficiles à trouver, et si l'on ne veut pas courir le risque d'en manquer il faut en conserver un plus grand nombre que ne l'exigent les besoins réels de la gare. Une opération est-elle terminée dans le milieu du jour, il est impossible de renvoyer les hommes de suite, de là une nouvelle perte qui vient s'ajouter aux autres ; tandis que le travail de la grue arrêté, la dépense cesse à l'instant. Enfin, pour ne rien laisser de côté, il faut faire remarquer que le travail constant des machines évite les intermittences qui se rencontrent dans le travail des hommes. Des machines qui ne peuvent attendre impriment au travail une activité qu'il ne possède jamais avec le travail uniquement manuel, cela est un principe dont l'industrie en général donne l'exemple chaque jour ; les hommes causent, s'arrêtent, la machine ne s'arrête jamais.

Avant de quitter ce sujet je veux citer un exemple de rapidité exceptionnelle qui existe sur le réseau de l'Ouest, dans le port de Dieppe, et qui donne la mesure des résultats que l'on peut atteindre avec des grues mécaniques.

Dans le port de Dieppe il existe une entreprise de bateaux à vapeur qui possède la concession d'une place à quai de 70 mètres de longueur, or, en deux jours sur cette longueur de 70 mètres, et on le fait fréquemment, on peut décharger et charger avec 3 grues 1,200 tonnes, de sorte que le quai peut recevoir en 12 heures 600 tonnes de marchandises, que les 70 mètres de quai peuvent suffire, au besoin pendant une année, à la manutention de 300 × 600 = 180,000 tonnes.

Ce travail énorme peut se faire avec une équipe de 2 chauffeurs et de 3 mécaniciens, et avec un personnel de 25 hommes environ.

Le prix de la manutention ne s'élève pas à plus de $0^{f},15$ à $0^{f},20$ par tonne.

C'est un exemple merveilleux de la rapidité qu'on peut arriver à obtenir dans un espace aussi restreint, et cela donne la mesure de ce que l'on peut obtenir par la manutention mécanique dans les gares, et qui n'a de limite que la rapidité avec laquelle on peut faire arriver ou faire partir les wagons.

J'aurai des faits semblables à montrer dans les gares anglaises, mais j'ai tenu à faire voir que chez nous il existe déjà des exemples de ce que l'on peut arriver à obtenir, et qu'il suffit d'un nouvel effort pour arriver à développer partout cette activité et cette rapidité indispensables à l'avenir de nos chemins de fer français.

J'insiste d'autant plus sur ces détails d'expérience que, dans certains cas où les appareils mécaniques avaient été utilisés, l'emploi de ces appareils n'a été abandonné que par des erreurs commises dans leur application, et que l'on n'a pas su donner au système le complément qui lui est nécessaire.

Dans les gares de Bercy et de la Rapée on a établi, il y a plusieurs années, des engins mécaniques à vapeur et à pression d'eau ; mais au bout d'un certain temps ces appareils ont été détruits et on en a abandonné l'usage.

En recherchant la raison de cet abandon de la part d'une Compagnie qui avait consacré des sommes importantes, plusieurs millions, à cette installation, j'ai reconnu que l'échec que l'on avait éprouvé tenait à diverses causes : la première, la plus importante, à la disposition défectueuse des voies de la gare où les appareils avaient été établis. Elle tenait aussi à l'emploi de wagons couverts ou ne se découvrant pas par le haut et ne permettant pas au crochet des grues de pénétrer dans les wagons ; peut-être encore à l'inexpérience des agents chargés de la manœuvre ; il eût peut-être été utile, à l'origine, d'amener dans cette gare des équipes d'ouvriers anglais pour en donner l'habitude à nos ouvriers, car il s'agissait là de modifier la routine et des habitudes contractées depuis longtemps.

Au Havre et dans le port de Dieppe si l'emploi des machines a donné les résultats qu'on vient d'énumérer c'est parce que, en même temps que l'on chargeait rapidement les wagons, on s'efforçait de disposer les voies de manière à fournir un travail constant à l'activité des machines, en pouvant remplacer instantanément, pour ainsi dire, les wagons à charger sans faire perdre de temps aux machines.

Les wagons vides succèdent sans interruption aux wagons chargés, et

les machines n'éprouvent jamais d'intermittence; les changements et les plaques de dégagement sont rapprochés de telle sorte qu'un wagon aussitôt qu'il est chargé est remplacé par un vide, et le travail des grues ne souffre pas une minute d'interruption.

Dans les gares de Bercy et de la Rapée, au contraire, les voies de déchargement sont divisées par fraction de 150 mètres de longueur, de sorte que les wagons ont à parcourir cette distance de 150 mètres avant d'arriver à la grue, ce qui fait que celle-ci ne fonctionne plus que par intermittence et les grues deviennent plus coûteuses que le travail manuel; en un mot au lieu d'avoir de nombreuses sorties en un petit espace, on a de grands espaces sans sorties.

L'étude du plan de la gare de la Rapée et sa comparaison avec les gares anglaises dont cette gare a voulu être la copie, fait connaître que si les mêmes résultats n'ont pu être obtenus, c'est parce qu'il a manqué l'élément principal, la vitesse de dégagement des véhicules.

C'est un sujet sur lequel il faut vivement insister, car il s'agit de déraciner des préventions qu'a soulevées une faute commise, et l'on sait combien il est difficile de faire revenir l'opinion sur une question quand cette question, traitée au début d'une façon imparfaite, a été la cause d'un échec. Combien de choses excellentes, et qui depuis ont trouvé leur application sur la plus large échelle, sont restées longtemps sans application parce que les débuts avaient été mauvais. Les chemins de fer et les bateaux à vapeur en sont un exemple frappant entre tous, sans le jet de vapeur la locomotive était impuissante, et ce simple détail, tant qu'il n'a pas été appliqué, n'a pas permis aux chemins de fer d'exister.

Les applications mécaniques au déchargement entraînent après elles des dispositions de gares, des dispositions de wagons, sans lesquelles il n'est pas possible de songer à leur emploi, et il n'est pas possible d'appliquer les méthodes rapides des Anglais, sans au préalable modifier et le matériel et la disposition des gares. Ces deux conditions sont absolument nécessaires et tous ceux qui, comme la Compagnie de Lyon, essaieront d'appliquer le système anglais avec les dispositions des gares françaises, échoueront nécessairement, et toutes leurs tentatives seront vaines; aux applications mécaniques il faut des dispositions spéciales des gares.

Aussi longtemps que l'on voudra appliquer le système anglais à des gares françaises, j'ai la conviction profonde que ce sera de l'argent dépensé en pure perte, il faudra absolument, si l'on veut réussir, prendre

les gares anglaises de toutes pièces et y appliquer les méthodes semblables. Je crois que de ce côté on aura, non-seulement des avantages au point de vue de la vitesse, mais encore on aura des avantages au point de vue du capital engagé. En effet, il résulte d'une étude faite avec soin qu'un hangar à rez-de-chaussée compté au mètre superficiel de surface et y compris les dépenses accessoires telles que terrains, quais, voies, cours, pavés, remblais, écoulement d'eau, etc., coûte plus qu'un magasin à 3 ou 4 étages. Il résulte aussi de cette comparaison entre les hangars à rez-de-chaussée et les magasins à étages, que dans le premier cas la surface occupée par la gare est infiniment plus grande et que les wagons, beaucoup plus longtemps immobilisés, nécessitent une plus grande quantité de véhicules. Toutes ces dépenses considérables causent aux Compagnies des pertes sensibles sur l'intérêt du capital engagé.

Ce détail est intéresssant à connaître ; aussi il résulte de mon étude que si le terrain, au lieu de coûter 20 à 25 francs le mètre, coûtait 400 ou 500 francs ou même 1,000 francs le mètre, la disproportion serait tellement énorme que la comparaison serait impossible. Je crois avoir prouvé que la tendance des Compagnies devait être de se rapprocher du centre des villes où le terrain a un prix très-élevé, parce qu'il y avait à ce rapprochement une économie dont il est facile de se rendre compte, et qui peut varier de 2, 3 et même 4 francs par tonne de marchandise pour le camionnage seulement. Or on sait que le transport de la marchandise ne doit pas être considéré au seul point de vue du transport sur rails, mais au point de vue des dépenses accessoires qu'elles entraînent, à tel point que sur des parcours de 10 à 20 kilomètres, quelle que soit l'économie relative des transports par rails, il y aurait souvent avantage à faire le camionnage direct à cause des frais à l'arrivée et au départ. Si on considère que les chemins de fer transportent à un prix plus élevé que les canaux, que l'avantage principal que peut présenter le chemin de fer c'est la rapidité, il est nécessaire de reconnaître que les chemins de fer ont le plus grand intérêt à améliorer les deux éléments qui sont leur avantage : la vitesse et la régularité. Or, pour la vitesse, les longs camionnages sont de véritables obstacles, car la vitesse du transport des marchandises est directement intéressée à la faible distance de transport en camion, et c'est, lorsque cette distance est faible, que les Compagnies ont le plus de facilité à enlever rapidement les marchandises.

Il est un fait certain qui se révèle de suite dans l'examen comparatif des exploitations françaises et anglaises, c'est que, en Angleterre, on s'efforce surtout à obtenir la vitesse. En cherchant à quelle cause il faut attribuer cette tendance des Anglais, qui se traduit en résumé par une dépense plus forte pour l'exploitation, j'ai reconnu que cette tendance tient à une cause toute spéciale facile à expliquer : en Angleterre les questions de crédit et de temps ont toujours un grand poids, les Anglais qui considèrent l'argent comme une marchandise, considèrent aussi la marchandise comme de l'argent ; avec de la marchandise on obtient de l'argent et par conséquent du crédit.

Or, les marchandises lorsqu'elles sont en cours de voyage ne représentent pas un capital, elles ne produisent d'intérêt que lorsqu'elles sont warantées et déposées dans un magasin, aussi cette considération a une grande valeur dans un pays commerçant. Pour en faire saisir toute l'importance il est bon de citer quelques exemples : ainsi, prenons une tonne de laine, cette tonne de laine vaut 8,000 francs, placée dans un magasin, elle représente, et elle peut servir à garantir une avance d'argent, dont l'intérêt à 6 pour 100 est de 480 francs par an, soit de 1f,33 par jour. Or, supposons que cette tonne de laine parte de Liverpool pour Londres ; si cette tonne de laine partant de Liverpool met un jour pour aller à Londres, où elle est mise en magasin, l'intérêt perdu sera de 1f,33 par tonne, et il ne faut pas plus d'un jour pour la transporter de Liverpool à Londres avec la rapidité de l'exploitation anglaise. Supposons-nous en France, au contraire, pour une distance égale à celle de Liverpool à Londres, soit 350 kilomètres, on demandera six jours pour le transport, il y aura donc cinq jours de perdu et comme perte d'intérêt $1.33 \times 5 = 6.65$. Or ces cinq jours de retard équivalent à un supplément de taxe de 19 millièmes par tonne et par kilomètre sur le transport. Ce que nous venons de dire pour la tonne de laine se produit dans une proportion différente dans le plus grand nombre de cas, mais se produit évidemment pour toutes les marchandises en général[1].

Les avantages économiques que l'on peut retirer en imprimant à la marchandise de grandes vitesses de transport justifient la méthode

1. Le prix de transport moyen, en France, est de 0.06 par tonne kilométrique ; en Angleterre, elle est de 0.07 environ. Or, dans le premier cas, le parcours moyen est de 142 kilomètres, dans le second cas il n'est que de 58 kilomètres, à cause de la longueur des lignes. Il est incontestable que plus les transports se font à de longues distances, plus le prix kilométrique s'abaisse, parce que les frais au départ et à l'arrivée pèsent moins sur la marchandise. Il faut considérer qu'en France, la manutention se fait par les expéditeurs

anglaise, surtout pour les marchandises d'un prix élevé, qui sont comprises dans ce que l'on appelle les marchandises de classe.

Ici se terminent mes observations sur les faits qui caractérisent les chemins de fer anglais ; mais il ressort de cette étude comparée que les chemins français doivent modifier de fond en comble leur organisation avant de songer à mettre en pratique les méthodes anglaises. Les Compagnies françaises, avant de mettre en pratique ces méthodes, doivent obtenir tout d'abord la faculté de ne plus recevoir les marchandises en gare ; elles devront s'efforcer de développer le trafic de domicile à domicile, chercher les méthodes de simplification dans la reconnaissance de l'octroi, faire des trains fréquents par charges plus faibles, modifier leur matériel, changer les dispositions de leurs gares ; c'est alors seulement qu'elles pourront aborder franchement les transports rapides.

J'ai la conviction que les Compagnies trouveront à l'adoption de ce système des avantages considérables, et que le public retirera de cette rapidité nouvelle imprimée aux transports des avantages économiques très-sensibles, et qui rejailliront avantageusement sur la fortune publique.

Dans la première partie de ma note, j'ai indiqué quels étaient les signes généraux qui caractérisaient les exploitations anglaises ; il me reste maintenant à entrer dans les détails techniques des gares à marchandises, à en donner la description et à faire voir ce qui les différencie des gares françaises. Cette description permettra de juger les différences profondes qui sépare les deux systèmes, et servira à expliquer pourquoi dans les unes le service est si rapide, et pourquoi chez nous, en France, il a une lenteur si grande.

On peut diviser les gares anglaises en trois types :

1° Les gares intérieures de Londres ;

2° Les gares extérieures de Londres ou les gares des grandes villes commerciales, comme Liverpool ;

3° Les gares à marchandises maritimes.

et par les destinataires ; en Angleterre, au contraire, la manutention est faite presque exclusivement par les Compagnies. Il y a donc lieu de penser que, malgré la différence de 0.01 sur la tonne kilométrique, les prix des transports sont, à très-peu de choses près, les mêmes dans les deux pays, et cela malgré la différence de rapidité dans la livraison.

1er TYPE. — Gares intérieures de Londres.

Dans ces gares, le système est basé sur ce principe que toutes les marchandises, arrivages et expéditions, sont camionnées par les Compagnies sans exception.

Une des gares la plus remarquable à cet égard est sans contredit la gare de Broad-Street (pl. 86, fig. 1, 2 et 3), appartenant à la London et North-Western Company, située au milieu de la Cité, et à 500 mètres de Mansion-House, l'hôtel de ville de la Cité. C'est à peu près la position qu'occuperait à Paris une gare placée aux Halles Centrales, près Saint-Eustache, par exemple, à l'extrémité de la rue Montmartre.

Cette gare a été placée ainsi pour atténuer les frais de transport par voiture, qui étaient très-onéreux lorsqu'il fallait les effectuer de la gare de Cambden, qui est placée à environ 6 kilomètres de cette dernière. Cette gare a encore l'avantage de permettre d'imprimer une grande rapidité à tous les transports de marchandises qui peuvent être livrées presque aussitôt arrivées en gare, à cause de la faible distance que les camions ont à parcourir.

Le tonnage de cette gare est de. . . . . 324,000 tonnes, arrivages et expéditions compris.

A certains jours de Noël, le tonnage s'élève à. . 2,000t par jour.

Le trafic est uniquement composé de caisses, ballots, marchandises fabriquées, vivres de toutes sortes, viandes dépecées, sucres raffinés, cafés, etc. Ce sont toujours des marchandises très-fractionnées en une infinité de colis.

La gare est à deux étages : au rez-de-chaussée se fait la livraison des marchandises à expédier et d'arrivages, au premier étage se fait la composition des trains.

Les trains chargés arrivant au premier étage sont décomposés, et les wagons descendus un à un par deux monte-charges au rez-de-chaussée, et de là dirigés vers les divers quais qui portent les désignations diverses. On décharge les wagons, et au fur et à mesure qu'ils sont déchargés, on les remonte, on recompose des trains vides qui sont immédiatement enlevés. Les trains chargés se succèdent ainsi, et les trains vides sont expédiés ; on ne conserve jamais de wagons vides tant que le service des arrivages n'est pas effectué.

Ce qui caractérise, entre toutes, la gare de Broad-Street, c'est l'application de deux étages qui a pour but de doubler la surface en un point de la Cité où le terrain coûte 7 à 800 francs le mètre carré.

Ce qui particularise aussi cette gare, et les gares anglaises en général, c'est la répartition des wagons par groupes de deux ou trois wagons isolés les uns des autres, pouvant être enlevés du quai de déchargement au fur et à mesure que les opérations sont terminées, sans attendre, comme on le fait chez nous, qu'il y ait 15, 20 ou 25 wagons déchargés sur nos quais de 100 à 150 mètres de longueur sans solution de continuité. Dans les gares anglaises, cette manière de procéder permet à un wagon aussitôt déchargé d'être enlevé, chez nous il faut attendre que les autres le soient. Le wagon chargé de matières plus faciles à manutentionner étant arrêté par le wagon chargé de matières plus difficiles à manœuvrer, si un wagon, dans nos exploitations françaises, demande 20 minutes de déchargement, qu'un autre ne demande que 10 minutes, il faudra que celui qui ne demande que 10 minutes attende que le déchargement soit effectué dans celui qui demande 20 minutes, de là des pertes de temps répétées pour les cas où la manutention doit être activée.

Il est bien entendu qu'en raison de l'usage fréquent des grues, les marchandises sont toutes contenues dans des wagons découverts, ce qui, je l'ai déjà dit ailleurs, est le cas des gares anglaises, où on ne connaît pas le wagon fermé pour les marchandises.

Les wagons descendus au rez-de-chaussée sont amenés par des plaques tournantes sur les quais perpendiculaires, qui bordent les quais de déchargement.

Toutes les manœuvres des wagons se font au cabestan hydraulique; des poulies folles, convenablement disposées, permettent aux cabestans hydrauliques de diriger les wagons dans tous les sens, de faire tourner les plaques, de ramener les wagons sur les monte-charges. Tous ces travaux se font avec une régularité, un ordre, une facilité admirables dont on n'a pas conscience dans nos gares françaises, et dont la vue seule peut donner une idée; lorsque l'on voudra utiliser ces appareils en France, il faudra faire venir une équipe d'ouvriers anglais.

Ces manœuvres ont deux avantages : de se faire mieux, plus rapidement qu'avec les chevaux et plus économiquement, sous l'impulsion d'un moteur unique, l'eau en pression, qui éloigne toutes les chances

d'incendie, et au besoin même peut être d'un puissant concours pour les combattre.

Les cabestans hydrauliques sont mis en mouvement par une pédale qu'un homme fait fonctionner avec son pied ; il enroule sur le cabestan la corde deux ou trois fois, cet enroulement met en mouvement la corde dont l'extrémité, armée d'un crochet, vient prendre le wagon à la plaque de garde pour le mettre en marche. Suivant que la corde est placée sur tel côté du wagon, que cette corde est placée sur telle ou telle poulie folle, le wagon avance, recule, la plaque tourne, et tout cela avec une rapidité double du cheval ; l'effort du cabestan étant double ou triple du cheval ou plus faible suivant les besoins.

Les premiers cabestans employés étaient continuellement en mouvement ; on a reconnu l'inconvénient de ces appareils toujours en marche, et on leur a substitué des cabestans à mouvement facultatif qui ne présentent pas les dangers des cabestans à mouvement constant.

Au moment où une certaine activité règne dans la gare, il est vraiment curieux de voir tout le système en fonction. L'emploi des moyens mécaniques dans les gares est un exemple nouveau des merveilleuses aptitudes des machines motrices aux diverses applications à faire dans les manutentions des gares.

Il est bien certain que sans ces applications les gares anglaises seraient inexploitables, et c'est à elles qu'on doit, sans aucun doute, la possibilité de faire sur des espaces aussi restreints un trafic dix fois plus grand que dans nos gares à marchandises en France.

En Angleterre, on ne connaît pas les quais de grande longueur, toujours les quais sont fractionnés en îlots isolés les uns des autres et accessibles par deux ou trois côtés.

Le travail des arrivages en gare commence vers 9 heures du soir et se continue jusqu'à 9 heures du matin. Le travail des expéditions, qui se fait sur les mêmes quais, a lieu de 9 heures du matin à 9 heures du soir.

L'opération inverse est alors effectuée, on amène par les voies du premier étage les trains de wagons vides qui sont décomposés et les wagons vides amenés devant les quais où ils sont chargés ; au fur et à mesure que le chargement est opéré, on enlève les wagons au premier étage, on compose les trains et on expédie ces trains au fur et à mesure de leur composition.

La longueur des voies de composition des trains est de 2,500 mètres, divisées en dix voies parallèles de 250 mètres.

La longueur des voies de la gare inférieure est de 1,480 mètres, dont 480 mètres de voies de chargement des marchandises et 1,000 mètres de voies de manœuvre.

De sorte que la longueur des voies de la gare pour un service de 2,000 tonnes par 24 heures est de. . . . . 1,480^{m}

Chaque tonne exige environ :

Pour voies de manœuvre et de dégagement $\frac{2,500}{2,000} =$ 1^{m},25

Pour voies de chargement et de déchargement $\frac{480}{2,000} =$ 0^{m}.24

Toutes les opérations de traction au rez-de-chaussée se font par des cabestans hydrauliques ; toutes celles du haut par machines et par chevaux, à l'exception du service des plaques et de l'amenée des wagons sur les monte-charges qui se font également par cabestans.

On emploie pour ce trafic 6 chevaux.

Le nombre d'employés et d'ouvriers est de 592.

Le prix de revient de la tonne manutentionnée est de 2^{sch}.1^{d} par tonne pour un tonnage annuel de 340,000 tonnes environ.

Toutes les manutentions de colis pesant 150 kilogrammes au minimum sont faites par des grues hydrauliques.

La surface de la gare supérieure est de. . . . . 15,000^{m}
La surface de la gare au rez-de-chaussée est de. 28,000

Le total de la surface de la gare est de. . . . . 43,000^{m}

soit pour un tonnage maximum de 2,000 tonnes par jour une surface de $\frac{43,000^{m}}{2,000} = 21^{m},50$ par tonne de marchandise à l'expédition et aux arrivages ; c'est, je crois, la limite maximum du travail que cette gare peut produire.

Les quais de déchargement sont sous les voûtes, sur lesquelles se trouvent les voies de la gare des voyageurs auxquelles les voies de manutention sont accolées.

Les voies de manœuvres et de dégagement du rez-de-chaussée sont couvertes par les voies de manœuvres, qui sont supportées sur des poutres en fer que soutiennent des colonnes en fonte, qui sont indiquées sur le plan général qui est joint au projet.

En dehors de la surface du terrain, dont je ne connais pas exactement la valeur, les dépenses d'établissement de cette gare peuvent s'évaluer ainsi :

Voies ferrées (pavées partout......	4000^{m}	à 70 fr. =		280.000 fr.
Plaques tournantes...............	40	à 3500 fr. =		140.000
Plancher de support des voies principales, estimation....				1.500.000
Quais des gares..................	9600^{m}	à 40 fr. =		384.000
Machine à vapeur de 120 chevaux.......			120.000 fr.	
Monte-charges........	2	à 100.000 =	200.000	
Cabestans hydrauliques	8	à 5.000 =	40.000	
Tuyauterie..........	1200^{m}	à 50 =	60.000	
Grues de 1500 kilog....	40	à 8.000 =	320.000	785.000
Grue hydraulique de 10^{t}................			25.000	
Grue hydraulique de 5^{t}................			10.000	
Bureaux.............................			10.000	
Cours d'arrivée..................	1000^{m}	à 15 fr. =		150.000
Bascules.........................	2	à 3000 fr. =		6.000
Bascules (petites).................	22	à 600 fr. =		13.200
Total.................				3.258.200 fr.

La dépense totale peut être évaluée à environ 3 millions, soit par tonne de marchandises $\frac{3,000,000}{320,000}$ = par an. . . . . $10^{f},18$

soit à 6 pour 100 du capital engagé 10,18 = ... 0 ,61

par tonne de marchandises.

Si on retranche de la somme de 3 millions, pour le plancher en fer, 1,500,000 fr., on aura un chiffre de 1,700,000 fr., ce qui représente $5^{f},30$ par tonne pour dépense en capital. Mais si on estime, d'un autre côté, que le terrain dans ce quartier coûte environ 500 fr. le mètre, soit $28,000^{m} \times 500^{f} = 14,000,000$ fr., l'intérêt à 6 pour 100 de la dépense totale, soit 16 millions, donne par an une dépense de 942,000 fr., et pour 340,006 fr. $2^{f},77$ par tonne de marchandises, sacrifice que la Compagnie a fait pour amener la marchandise au centre de la Cité, et éviter le camionnage et activer l'enlèvement des marchandises ; il est vrai que cette gare pourrait faire 600,000 tonnes, ce qui réduirait la dépense par tonne à $1^{f},57$.

Pour compléter ces renseignements, je vais indiquer comment le service se fait.

Système adopté à Londres pour la réception, la confection des feuilles et la livraison du trafic.

EXPÉDITIONS.

Les camions vont aux bureaux de ville dans les divers quartiers de la ville et des faubourgs, et en recevant une charge de marchandises à expédier dans la province, reçoivent du bureau de ville une feuille de camionnage (wagon bill, modèle A) sur laquelle chaque expédition est lisiblement inscrite. Les camions lèvent aussi chez les expéditeurs une déclaration (*consignement note*), modèle B, remplie par l'expéditeur et apportée par le camionneur à la gare où un commis, préposé à la réception des marchandisses, dresse une feuille de camionnage, modèle A, au moyen des déclarations, modèle B, laquelle représente la charge du camion.

L'employé préposé à la réception met un numéro progressif (à l'encre rouge, sur le modèle A), dans le haut, à droite de chaque feuille de camionnage; ce document est ensuite passé à l'appeleur de l'équipe qui décharge les camions, lequel appelle à haute voix successivement chaque expédition au fur et à mesure que le camion est déchargé, le vérificateur de l'équipe marque au crayon rouge, sur chaque colis, le numéro donné à la feuille de camionnage, ce qui permet de trouver la trace d'un colis, quel qu'il soit, à n'importe quelle époque future.

Les colis sont ensuite passés aux hommes d'équipe pour être transportés aux bascules affectées aux diverses gares destinataires, par exemple : pour Birmingham, Manchester, Liverpool ou Leeds, ils seront déposés sur les quais des voûtes n°ˢ 12, 11, 10, respectivement indiquées sur le plan.

On verra par ceci que, comme les camions apportent généralement une charge mixte pour différentes destinations, les colis doivent être distribués dans les différentes parties des quais de chargement affectés à ces destinations.

Arrivées à la bascule, les marchandises sont pesées, mises en wagon, et la feuille de route (modèle C) est faite par l'expéditeur au contremaître de l'équipe; ce dernier inscrit sur la feuille de route le numéro

progressif de la feuille de camionnage que porte le colis, puis le nom et l'adresse du destinataire, le poids, et lorsque le chargement du wagon est complet, il envoie la feuille de route au bureau d'expédition où un employé expérimenté insère la référence au bureau de ville, le prix de transport et les frais, ces derniers étant inscrits dans la colonne franco (*paids*) ou en port dû (*tô pay*), suivant les instructions données par les expéditeurs sur la feuille de camionnage ou la déclaration ; quatre ou cinq employés suffisent à ce travail.

Les totaux sont alors faits et la feuille est copiée et mise sous enveloppe, adressée et retournée à l'employé expéditeur, qui dans l'intervalle a fait étiqueter le wagon pour sa destination (modèle D), et qui, en cas de nécessité, fait bâcher le wagon ; la facture est ensuite clouée au wagon ou envoyée par le garde du train ou parfois par un train de voyageurs.

ARRIVAGES.

A l'arrivée d'un wagon et d'une feuille de route, cette dernière est passée à un employé qui enregistre le numéro, la date, l'heure de la réception, le poids, etc. ; elle est ensuite passée à un employé expérimenté, lequel note en marge de la facture, en regard de chaque envoi, le numéro de district (Londres est divisé en districts pour faciliter la livraison) où l'adresse de chaque destinaire est située ; la feuille de route est alors passée au vérificateur, lequel, à mesure que le wagon est déchargé, vérifie les colis que son équipe distribue dans les différentes parties des quais correspondantes aux districts marqués sur la feuille de route.

La feuille est ensuite donnée à l'employé enregistreur qui remplit les feuilles des camionneurs (modèle E), en y inscrivant les expéditions pour un même district (ces expéditions sont extraites de diverses feuilles de route), en ayant soin en même temps d'insérer le numéro de la feuille de route sur la feuille de camionnage et *vice versa*. L'employé enregistreur passe la feuille de route à l'employé aviseur, lequel remplit et envoie au destinataire une note d'avis (modèle F) pour les marchandises consignées en gare ou à ordre.

Les expéditions taxées aux prix de gare en gare, que l'on ne livre pas d'office, sont toujours avisées sur un autre modèle G, même si elles ne sont pas consignées en gare.

Les feuilles des camionneurs (modèle E), avec un bulletin de camionneur pour chaque expédition (modèle H) (ce dernier est remis au destinataire et acquitté par le camionneur, si les frais sont payés par le destinataire), sont envoyées sur les quais, et le contre-maître répartit les feuilles pour un même district et par charge de camion.

Les hommes d'équipe procèdent alors à leur chargement, selon les entrées faites sur la feuille ou les feuilles destinées à chaque camion; chaque entrée est soigneusement vérifiée lors du chargement des marchandises sur le camion; le numéro du camion est inséré sur la feuille et le chargement est ainsi complété.

Avant de quitter la station, chaque camionneur fait peser son chargement sur le pont à bascule, et on prend note du numéro du camion, des numéros des feuilles, du nom du camionneur et de la destination, de l'heure du départ, du poids et de la tare du camion, puis le camion effectue ses livraisons.

STATISTIQUE.

Tonnage et frais pour le semestre finissant le 30 juin 1872.

STATIONS.	TONNAGE CHARBON EXCEPTÉ.	SALAIRES ET GAGES.	COUT PAR TONNE.	NOMBRE D'HOMMES.
	t.		sch. d.	
Cambden........ Maidentane......	211.380 (1)	20.368	2/4 1/4	654
Broad-Street.....	162.114	16.949	2/0 3/4	592
Haydon-Square...	49.458	2.812	1/1 1/2	101
Poplard.........	135.612	5.118	9	148
Victoria-Dock....	5,955	99	3	5
Totaux pour Londres	564.519	45.346	1s/7	1500

(1) Le tonnage de Cambden comprend 51.256t de minéral trafic (non compris le charbon), pour lequel il n'est alloué que 6d par tonne, les 2 3/4 1/4 représentent le revient des 160.124 autres tonnes.

La proportion des frais des hommes d'équipe pour la manutention à ceux des employés pour les écritures est de :

Équipes liv. st. 30,892 ou 13d par tonne.

Employés liv. st. 14,133 ou 6d par tonne.

Ces prix ne comprennent pas les marchandises en transit.

La différence dans le revient par tonne dans les différentes gares provient de ce qui suit :

La correspondance relative aux comptes, réclamations, sollicitations, enlèvement des marchandises à domicile pour toutes les gares de Londres, est faite par Cambden, ainsi que la composition et la recomposition des trains de marchandises entrant à Londres et en sortant.

Le trafic de Broad-Street est composé principalement de marchandises mixtes et de petites expéditions, tandis que les marchandises lourdes et le trafic de la navigation sont manutentionnés dans les autres gares.

Un fait remarquable, c'est le prix élevé de la manutention à Broad-Street ; ce prix tient évidemment à la rapidité qui est imprimée à la manutention, au service de jour et de nuit qui est fait dans cette gare. Il tient aussi à la quantité considérable de colis dont se composent les arrivages et les expéditions dans cette gare, dont le travail ne peut véritablement être assimilé qu'au travail de marchandises en grande vitesse.

Toutes les marchandises remises à Liverpool avant 6 heures du soir sont remises à domicile dans la Cité avant 10 heures du matin ; il y a un parcours de 350 kilomètres.

Le marché à la viande de la Cité est approvisionné, pour une bonne partie, dans la saison favorable, avec des viandes dépecées venant d'Écosse et ayant parcouru 600 kilomètres, qui sont venues à Londres en 15 heures. Si en France on pouvait avoir la même rapidité dans les transports à petite vitesse, le champ des échanges serait étendu d'une manière sensible. Cet exemple est donc un fait considérable à citer à l'avantage de la rapidité des transports par *petite vitesse* en Angleterre.

L'exemple donné par la Compagnie du London et North-Western tend à être imité par les autres Compagnies, qui doivent créer dans la Cité deux autres gares semblables.

Cette tendance s'explique, comme je l'ai déjà dit, mais je crois devoir le répéter encore, par le désir d'arriver rapidement dans l'intérieur de Londres et à diminuer les frais de transport par camionnage.

Il est en effet certain que les Compagnies, en diminuant de 3 à 4 kilomètres et même plus le camionnage dans Londres, doivent y avoir de grands avantages.

Il n'est pas douteux, en effet, que, à Paris, par exemple, si une gare de marchandises était aux Halles-Centrales au lieu d'être à Bercy, à Ivry ou aux Batignolles, la livraison des marchandises des halles, les

matières fabriquées, les articles de Rouen, Lisieux, etc., pourraient être camionnés infiniment plus vite et à meilleur marché que s'il faut les aller prendre aux gares de Bercy, de Batignolles et d'Ivry.

Si la ligne de Lyon avait une gare aux Halles-Centrales, pour beaucoup de produits, cela aurait un énorme avantage, de même pour l'Est, Orléans et le Nord.

Mais pour cela il faudrait ne pas avoir d'octroi ou en simplifier les rouages et faire les transports à domicile, sans permettre aux destinataires ou aux expéditeurs de faire attendre une minute l'enlèvement des colis qui devrait être immédiat.

La gare de Broad-Street ainsi décrite dans tous ses détails essentiels, il me reste maintenant à montrer les dispositions d'une des gares de Liverpool les plus modernes.

Gare de Canada-Docks. — La gare de Canada-Docks, dont je vais donner la description, est aménagée d'une façon différente et qui rentre mieux dans les dispositions qu'on pourrait appliquer dans nos gares françaises ; elle peut, aux arrivages, servir de magasin. Elle se divise en deux parties distinctes : le côté des expéditions et le côté des arrivages.

Je vais commencer par décrire les expéditions.

Côté des expéditions. Les expéditions se composent de deux faisceaux de voies parallèles placées sous un hangar à 3 travées. (Voir pl. 87, fig. 5, 6 et 7.)

Au centre du hangar se trouve le quai proprement dit; ce quai, en pente, est divisé en trois fractions.

La première fraction où les colis peuvent être chargés dans les wagons à la main au besoin; ce quai a environ 0^{m},80 à un mètre de hauteur.

La seconde fraction où on peut charger les marchandises chargées en tombereau, par exemple, en faisant basculer le tombereau; le quai a 2^{m},50 de hauteur.

La troisième fraction pour les balles de laine, coton, paille, foin, fûts, etc. ; beaucoup plus élevé, 3^{m},50 à 4 mètres.

Des grues sont disposées tout le long du quai pour, au besoin, charger mécaniquement, s'il est nécessaire.

Les chargements se font tous à couvert; il y a un éclairage très-puissant pour travailler la nuit.

La manœuvre des wagons sous la halle se fait par des cabestans hydrauliques disposés dans les entrevoies.

Jamais, comme dans nos gares, les machines ne viennent sous les hangars de peur des incendies; l'usage des cabestans nous paraît supérieur à l'emploi des locomotives, qui peut être un grave danger pour une gare à marchandises.

Les expéditions se font aussitôt la marchandise arrivée; on cherche à ne rien accumuler sur le quai, on charge au fur et à mesure que les voitures amènent les marchandises; les écritures sont réduites autant que possible, et on a un grand nombre d'employés au moment de l'activité des opérations et des expéditions.

Un détail significatif : ce sont souvent des employés d'autres administrations qui viennent faire les écritures, le soir, après la sortie des bureaux; c'est un moyen de dépenser peu pour la Compagnie, et pour ces employés un moyen de rétribution supplémentaire.

Gare des arrivages. — La gare des arrivages est placée en face de la gare des expéditions; au lieu d'être une gare au rez-de-chaussée, c'est un magasin à cinq étages, avec plancher en fer supporté par des colonnes.

La manœuvre des wagons se fait au rez-de-chaussée du magasin, au moyen de cabestans mus par l'hydraulique.

Les marchandises arrivant sont déchargées là où il y a de la place; l'emplacement est désigné par des travées qui se distinguent facilement les unes des autres par de grandes lettres. Ces indications suffisent avec le numéro de l'étage pour diriger le commerçant et lui permettre de retrouver sa marchandise. Sur un tableau noir, placé dans le bureau d'entrée, on inscrit le numéro de la travée dans laquelle a été déchargée la marchandise, ce numéro est indiqué sur la feuille d'avis d'arrivages, de sorte que le destinataire, sans de longues recherches, en consultant le tableau et voyant le numéro de la travée, sait exactement où il doit trouver sa marchandise; c'est une facilité très-grande, je crois, qui me paraît devoir trouver son application dans nos gares d'arrivages. C'est, en un mot, un véritable magasin accessible aux wagons; la marchandise est conservée comme dans un dock, et l'habitude, pour les négociants à Liverpool, c'est de considérer les marchandises comme vendues par le simple transfert de la lettre de voiture; les opérations de crédit s'opèrent sur ces mêmes lettres.

Je ne pense pas devoir entrer dans de plus grands détails sur les gares, le plan général qui est joint suffit pour faire comprendre l'organisation du service.

Une chose sur laquelle j'appelle l'attention des ingénieurs français, c'est la concentration des manœuvres par un enchevêtrement continuel des aiguilles des croisements, de manière à épargner aux hommes de manœuvre des parcours inutiles, et à donner aux gares le maximum de voies avec la plus petite surface possible. Ainsi, tandis que dans nos gares nous nous préoccupons de conserver le type de nos changements avec les mêmes angles, les mêmes rayons, les mêmes dimensions, les Anglais varient ces conditions d'établissement à l'infini sans se préoccuper des types et des conditions ordinaires. Cette liberté absolue se trouve justifiée parce que, en définitive, les manœuvres se faisant à vitesse réduite il n'y a pas, ou il y a moins de danger de déraillement lors du passage des wagons.

L'ensemble des voies d'une gare anglaise paraît inextricable comparé à l'ordonnance de nos gares françaises; mais il faut considérer l'avantage énorme que l'on trouve et la place que l'on gagne en agissant ainsi que le font les Anglais.

Pour me résumer sur la gare de Canada-Docks, je vais donner les détails des longueurs des voies et des dépenses approximatives de construction de la gare pour un tonnage donné.

Le tonnage actuel (1873) de la gare de Canada-Docks est de 467,696 tonnes.

Mais cette gare, une des plus récentes, n'est pas en plein produit, et on m'a assuré qu'elle pouvait recevoir presque le double des marchandises, 600,000 tonnes, c'est-à-dire que l'on peut compter faire dans la gare de Canada-Docks, en expéditions et en arrivages, 600,000 tonnes.

Or, pour cette quantité de tonnes de marchandises la longueur des voies est de 10,690 mètres, soit par tonne de marchandises par jour, pour 2,000 tonnes, 5m,30.

La longueur des quais de chargement et de déchargement est de 73,0 mètres, soit par tonne de marchandises 3m,65.

La surface des quais couverts et utilisables d'expédition est de..	8,040m	
La surface des magasins d'arrivages est de....	13,920m	
C'est donc une surface de..		21,960m
et par tonne de marchandises reçues par jour (2,000 tonnes).		10m,98

Les dépenses approximatives sont les suivantes :

Terrains.	730,000f
Terrassements.	250,000
Voies ferrées avec changements.	880,000
Hangar couvert d'expéditions.	550,000
— — d'arrivages.	1,000,000
Appareils mécaniques, évaluation.	800,000
Guérites d'aiguilleurs, etc.	200,000
Total de la dépense.	4,510,000f

et par tonne de marchandises pour un transport de 600,000 tonnes, en capital 7f,51 et en intérêt, par tonne 0f,4506,

Il résulte aussi de documents pris sur place que la dépense de la gare pour les employés, hommes d'équipe, chevaux, etc., s'élève à 22,088 liv. st. par an, soit pour le chiffre de tonnage actuel qui est de 467,690 tonnes $\frac{550,000^f}{467,690}$, environ 1f,17 par tonne.

La gare de Broad-Stret, à Londres, et celle de Canada-Docks me paraissent caractériser le système des gares anglaises dans deux applications différentes : la première est la gare centrale ; la seconde est la gare ordinaire des grandes villes. Toutes les deux présentent des dispositions exécutées dans le but de circonscrire les manœuvres dans le plus petit espace possible ; la première exige l'expédition à domicile, la seconde permet la réception en gare. La première ne pourra être employée en France que pour les marchandises qui seront, de la volonté du destinataire, camionnées d'office par la Compagnie, puisque l'article 52 du cahier des charges des chemins de fer français laisse aux destinataires la faculté de recevoir leurs marchandises en gare.

Le deuxième système pourra être seul appliqué en France aussi longtemps que l'article 52 ne sera pas modifié.

Comme complément à cette étude sur deux gares importantes des chemins de fer anglais, j'ai cru devoir ajouter le plan d'une gare maritime à Liverpool et le plan de la gare à charbons du Midland, à Londres. (Pl. 86, fig. 4, 5 et 6.)

J'ai ajouté, à titre de renseignement utile, les voies de chargement des bassins de Dieppe, analogues à celles de Poolar-Docks, à Londres. (Pl. 87, fig. 8 et 9.)

Cette disposition est utile à faire connaître, puisque c'est un nouvel

exemple des avantages que présentent les voies disposées de manière à permettre le dégagement rapide des wagons.

Ainsi, pour les voies de Dieppe, il est possible aux cinq places à quai de décharger, dans une journée de 10 heures et sur une longueur de 350 mètres, 2,000 tonnes de marchandises, sans encombrement de wagons et en permettant à chaque navire de faire ses opérations sans gêner les opérations du navire suivant. A ce titre, elle complète les indications générales que nous avons indiquées sur l'utilité qu'il y a à donner des dégagements très-multipliés aux wagons, pour en permettre la rentrée et la sortie rapides, et par suite à imprimer aux déchargements une vivacité inconnue avec d'autres dispositions.

Je joins également les plans généraux : 1° d'une gare maritime à Birkenhead (pl. 87, fig. 1, 2, 3 et 4); 2° des magasins et entrepôts à étages desservis par des voies ferrées.

Les descriptions détaillées que j'ai données de deux gares à marchandises, de Broad-Street, à Londres, et de Canada-Docks, me paraissent résumer l'étude des gares à marchandises en Angleterre, et j'ai pensé que cette étude pouvait présenter quelque intérêt en un moment où on reconnaît qu'il est nécessaire de modifier les errements pratiqués en France pour la construction des gares à marchandises, dont les dispositions n'ont pas varié depuis l'origine des chemins de fer, au lieu de passer, comme on l'a fait en Angleterre, par une succession de modifications et d'améliorations qui ont une grande action sur la rapidité des transmissions des marchandises transportées sur les voies ferrées.

Car, il est bon de le répéter en terminant, si la vitesse des trains de marchandises, en pleine marche, est à peu près la même en France et en Angleterre, là où la différence est profonde, c'est dans le temps énorme qui est perdu à l'arrivée dans les gares des grandes villes, où, par suite d'habitudes défectueuses, tout le temps gagné par le transport par chemin de fer est perdu par suite d'arrêts inutiles que le système anglais a réussi à éviter.

Nota. — La gare à voyageurs de Saint-Pancras (pl. 86, fig. 7) étant un des monuments les plus importants de Londres, j'ai cru qu'il était intéressant en traitant des gares anglaises de joindre la description du combie de cette gare. (Annexe n° 2, page 799.)

ANNEXE N° 1.

EXTRAIT

DE LA

RÉPONSE FAITE A L'ENQUÊTE OUVERTE

PAR LA

COMMISSION PARLEMENTAIRE

SUR LE RÉGIME GÉNÉRAL DES CHEMINS DE FER.

1. *Quels sont les résultats produits dans votre région par les tarifs spéciaux, différentiels, communs, d'exportation ou internationaux?*

Y a-t-il des anomalies et des contradictions dans les différents tarifs actuellement en vigueur?

Y a-t-il des inégalités créées ainsi entre les producteurs ou consommateurs de localités différentes?

L'établissement des chemins de fer et leurs tarifs ont fait éprouver un trouble profond à toutes les entreprises de transport de notre région et au commerce de Rouen en particulier.

Avant les voies ferrées, Rouen se trouvait être le chemin obligé des transports économiques entre la mer et Paris, Rouen, qui s'approvisionnait uniquement par la Seine, a vu son commerce décroître depuis que les transports s'effectuent par chemin de fer. C'est à partir de ce moment qu'il a été possible aux chemins de fer de l'Ouest, d'Orléans, du Nord, de Lyon, d'approvisionner Paris.

Les marchandises partent maintenant de Dunkerque, de Boulogne, de Bordeaux, de Marseille par chemins de fer, tandis qu'autrefois elles

prenaient la voie fluviale et maritime. De là sont venues des souffrances réelles pour certaines classes de transports, mais, il faut le dire, le prix des transports a diminué dans une proportion énorme.

Pour répondre aux plaintes de la navigation, il est à citer que, depuis, des entreprises maritimes à vapeur se sont créées, et que ces entreprises largement dotées, bien conduites, ont pu donner une large rémunération à leur capital; ainsi, par exemple : il existe depuis plusieurs années entre Bordeaux et Rouen une entreprise de navires à vapeur à départs réguliers qui donne d'excellents résultats financiers.

Il n'est pas douteux que dans un certain avenir de nouvelles Compagnies maritimes s'établiront entre l'Algérie, Marseille, Cette et Rouen, venant ainsi faire concurrence au chemin de fer dans des conditions de prix telles que la navigation aura l'avantage.

L'amélioration de la Seine maritime, les perfectionnements que l'on doit apporter au régime des canaux et à la Seine fluviale donneront une impulsion nouvelle aux transports par navire, et il est hors de doute que, lorsque la marine fluviale et le grand cabotage seront définitivement constitués d'une façon véritablement industrielle, les transports seront effectués de la façon la plus économique qui puisse être.

Une concurrence énergique sera donc établie dans un petit nombre d'années entre les deux modes de transports. L'infériorité actuelle de la navigation tient principalement à une constitution insuffisante au point de vue financier des entreprises, aux irrégularités et aux dangers de la navigation dans des canaux mal aménagés et pour lesquels on n'a presque rien fait pour permettre à des entreprises sérieuses et solides de s'organiser. Mais la marine devra s'efforcer de créer des lignes à départs fixes et réguliers, la régularité et la vitesse étant le seul moyen d'avoir une clientèle sérieuse sans laquelle elle ne peut vivre.

2. *Quelles sont les marchandises et denrées dont la production ou la consommation serait augmentée par des réductions de tarifs?*

Indiquer, autant que possible la relation entre l'abaissement des tarifs et l'augmentation du tonnage pour les principales marchandises.

Des réductions de tarifs, principalement sur les marchandises de transit, auraient pour effet de faire passer par notre région un grand trafic en transit des marchandises pour le sud de l'Allemagne, la Suisse

et l'Italie. Ce trafic amènerait indubitablement la baisse sur les transports nationaux.

Ce transit aurait aussi comme conséquence le développement de nos marchés nationaux qui sont la fortune du pays. En effet, les pays où le transit est facile voient tout de suite créer des marchés.

L'essor prodigieux du commerce anglais tient surtout au développement de la marine à vapeur qui a donné un extrême développement au transit par l'Angleterre pour tous les pays de l'Europe. Si la France, dont la situation géographique en Europe est si admirable, pouvait à cette puissante marine opposer le transit, par la Seine et les canaux qui y aboutissent, le transit par les chemins de fer qui vont de Dieppe, de Rouen et du Hâvre dans le cœur de l'Europe, si les prix étaient abaissés jusqu'à la limite la plus faible possible, l'on verrait bientôt le grand marché du Havre prendre des proportions énormes.

Autrefois on faisait des transports du Havre à Mulhouse, à Bâle ; de Dieppe en Italie et la Suisse. Par suite d'oppositions très-vives qui se sont produites dans les discussions du Corps législatif, les Compagnies ont été amenées à restreindre leurs tarifs de transit, mais la conséquence s'en est bien vite fait sentir. Une grande partie de ces transports se fait par Hambourg, Anvers et Rotterdam et les chemins allemands. L'élévation des tarifs de transit est la seule cause de la disparition de nos relations.

En France on fait la guerre aux tarifs de transit réduit ; en Angleterre pour tout ce qui touche au transit, c'est-à-dire l'essence même de la puissance commerciale du pays, on fait au contraire d'immenses sacrifices parce que l'on a compris que lorsque les tarifs de transit sont aussi faibles que possible, on donne un avantage aux marchés nationaux par les relations étrangères qui sont ainsi créées.

Or, les grands marchés procurent la marchandise à bon marché, et si la production indigène paye quelques centimes de plus pour ses transports, elle en gagne des centaines en étant la maîtresse du marché qui approvisionne ses usines et donne à ces usines les approvisionnements économiques, car le pays qui ne possède pas de grands entrepôts est obligé d'aller demander ailleurs les matières premières qu'il consomme, en payant aux autres des commissions, des frets, des frais divers qui restent dans les pays d'entrepôts.

C'est une des questions les plus graves et sur laquelle on ne saurait trop insister ; il faut que l'on s'en occupe de la façon la plus sérieuse ;

l'ennemi est à nos portes, la Belgique, la Hollande, l'Allemagne font des efforts énormes pour nous arracher le transit de toutes les matières.

Elles cherchent par tous les moyens à diminuer les prix par chemins de fer, donnent des facilités de toutes sortes, construisent des lignes très-importantes en Hollande. Le percement du Saint-Gothard est fait uniquement dans le but de mettre l'Allemagne du Nord en relation avec l'Allemagne du Sud, la Suisse et l'Italie.

Nos députés doivent suivre de la façon la plus vigilante cette situation qui, si elle n'était pas étudiée avec toute l'attention qu'elle mérite, placerait la France dans une situation des plus graves. (Discussion du passage du Simplon par M. Mony, séance du 20 juin 1870).

Il est constant que, au fur et à mesure que le trafic augmente, le prix moyen de transport baisse ; que le prix est d'autant plus faible que le trafic s'accroît ; les prix sont plus faibles sur les lignes à grand trafic que sur les lignes à trafic réduit. Supposons, par exemple, que le trafic de la ligne de Paris au Havre baisse de moitié, de suite la Compagnie se verra obligée de relever ses tarifs, et cela ne saurait tarder à se faire sentir, si Rotterdam ou Anvers devenaient les entrepôts du continent pour les cotons, les laines et les marchandises du sud et du nord de l'Amérique.

Le commerce français qui, en ce moment, va chercher la plus grande partie de ses matières premières au Havre, serait obligé d'aller à Anvers et à Rotterdam, et on voit donc quelle serait la conséquence pour notre commerce et notre industrie, car elle créerait de suite des écarts de 3 à 4 pour 100, changeant ainsi profondément, au détriment de l'industrie nationale, la situation économique de la France.

Il est certain que si le marché français venait à disparaître ou à s'amoindrir, s'il n'alimentait pas ou n'alimentait plus d'autres pays, on verrait certainement décheoir la France industrielle dans des conditions qu'elle ne soupçonne pas. Il est évident que si le port du Havre doublait d'importance, les prix des transports nationaux diminueraient et l'industrie nationale en ressentirait les effets. D'un autre côté, l'accroissement des marchés français donnerait à l'industrie les avantages qu'elle peut recueillir d'un grand marché, influence beaucoup plus sensible encore que les transports réduits.

Pour en citer un exemple frappant entre tous, quand Paris, il y a quelques années, était le grand marché des capitaux de toute l'Europe,

les affaires se faisaient sur le marché de Paris à des conditions de prix, avec des facilités qui donnaient à la France des millions chaque année.

Il n'y avait pas une grande affaire en Europe où le marché français ne fût appelé; ce que je dis pour les marchés financiers est aussi vrai pour les marchés de marchandises; si les grands entrepôts étaient en France, l'industrie française serait la régulatrice de l'industrie européenne. C'est aux grands marchés, à leur importance financière, que l'industrie doit ses plus grands succès.

C'est à Liverpool que Manchester doit sa grande importance. Si Liverpool n'existait pas en Angleterre, Manchester n'aurait jamais acquis l'importance qu'il possède, et Liverpool approvisionne toute l'Europe.

On sépare malheureusement trop dans les discussions industrielles les questions commerciales des questions industrielles; les marchés occupent dans le monde une place dont on ne veut pas assez se rendre compte. C'est aux grands marchés que l'Angleterre, nous le répétons d'une manière générale, doit sa puissance et sa fortune. Ces grands marchés existent en Angleterre, parce que l'Angleterre a été le grand entrepôt du monde européen; ces entrepôts se sont créés par le seul effet des moyens rapides de communication qui lui permettent d'expédier partout sa marchandise. Les chemins de fer, les fleuves, placent la France et particulièrement la Normandie dans une situation plus favorable que l'Angleterre; si la France et notre région savent user économiquement de leurs chemins de fer et veulent perfectionner les fleuves, les canaux et les ports de mer.

Ces considérations générales sont indispensables à examiner dans la question des tarifs des chemins de fer, et au lieu de restreindre l'emploi des tarifs de transit, on devrait les développer autant que possible, car c'est dans l'abaissement de ces tarifs que gît tout l'accroissement du trafic de nos chemins de fer et, comme conséquence, l'abaissement du prix des transports en général.

3. *Serait-il possible d'organiser les réceptions ou les expéditions de certaines marchandises par wagon ou train complet?*

Spécifier ces marchandises.

Pour les wagons complets cela existe; pour les trains complets cela

ne peut se faire qu'entre deux points ayant de grandes relations commerciales et des retours réguliers, car il y a à considérer le travail économique des machines qui n'est compatible qu'avec un service très-régulier. Il est certain que pour la houille du Nord on pourrait organiser des trains de houille au moment où ce trafic sera assez important.

Mais ce qu'il s'agit de développer, ce sont les lignes réunissant les grands réseaux sans passer par Paris. Ce qu'il convient de faire également, c'est de créer des trains directs de grand centre à grand centre, placés sur des réseaux différents : des trains de Lille au Havre, de Lille à Nantes, de Lille à Bordeaux par Rouen, de Dieppe à Nancy. Il y aurait à chercher dans les divers réseaux de grandes artères de trafic que parcourraient des trains réguliers de voyageurs et de marchandises, et qui seraient d'un grand secours pour les négociants en expédiant rapidement les marchandises sans transbordement d'un point à un autre, sans arrêt sur le chemin de ceinture et dans les gares de bifurcation pour refaire les écritures et la composition des trains.

Qu'est-ce qui empêcherait de faire des trains du Havre à Lyon, par exemple, directement? Puisque dans le trafic international on fait des trains directs de Paris à Cologne, pourquoi ne le ferait-on pas en France pour les marchandises? cela serait d'un grand secours contre les encombrements. A l'appui de ces observations je puis citer des exemples : sur certains réseaux on faisait autrefois des trains réguliers à courtes distances, pour les reformer de nouveau et les expédier plus loin. Cette pratique qui obligeait à des manœuvres nombreuses, à des arrêts longs et inutiles, faisait perdre un temps considérable, et en définitive immobilisait le matériel beaucoup plus longtemps. Depuis on a fait des trains à grande distance et les Compagnies y ont gagné du temps, de l'argent et de la vitesse.

4. *Certains produits susceptibles d'être emmagasinés pourraient-ils être transportés à prix réduit pendant l'été, afin d'éviter les encombrements qui se produisent chaque année?*

Je ne crois pas que cela soit praticable, car les transports de l'hiver, qui sont les plus chargés, correspondent à des besoins de la consommation, à des fabrications spéciales, comme les fabriques de sucre, à la récolte, au commerce, aux arrivages dans les ports.

L'encombrement en automne est un fait naturel contre lequel il ne nous paraît pas possible de réagir autrement qu'en activant les transports à ce moment, en proportionnant les transports par rail avec les transports par terre, en perfectionnant le camionnage. Les perfectionnements à apporter, sont : le développement des tramways pour le transport des marchandises, l'emploi dans les grands centres de locomotives routières, la suppression partielle des formalités de l'octroi et le perfectionnement de ce service. Enfin la construction de magasins dans les grandes centres de consommation et, au besoin, la transformation des grandes gares en magasins.

Les prix de transport devraient être étudiés en y comprenant le camionnage de manière à intéresser le public au déchargement rapide des marchandises arrivant dans les gares. A propos de camionnage, je crois devoir faire une observation très-importante et qui me paraît avoir jusqu'à présent échappé à l'attention; par chemin de fer, la faculté de transport est presque indéfinie, puisque l'on arrive à faire sur certaines lignes en Angleterre (North-London) par an jusqu'à 460,000 fr. de recettes par kilomètre; en France 225,000 fr., sur le chemin de Saint-Étienne.

Mais quand cette énorme activité de transport n'est pas combinée avec des moyens rapides d'enlèvement dans les gares, l'encombrement arrive de suite. On peut voir les résultats de cette rapidité et les inconvénients du manque d'enlèvement lors des événements militaires de la dernière guerre, ou, comme l'a très-bien dit M. Jacqmin, grâce au chemin de fer on a pu transporter des quantités considérables de marchandises en quelques jours, mais où l'encombrement est venu tout de suite par le fait de l'absence de dispositions prises pour l'enlèvement à leur arrivée en gare.

A l'origine des chemins de fer, les Compagnies agissant avec les errements des anciennes Compagnies de roulage, faisaient généralement le transport à domicile. Peu à peu les Compagnies se sont désintéressées de cette partie, qui est une des fonctions les plus importantes des Compagnies; elles ont même, dans beaucoup de tarifs, créé des conditions d'enlèvement par les destinataires; or, ces conditions sont des plus fâcheuses pour les Compagnies, car elles servent à immobiliser le matériel qui reste souvent plusieurs jours chargé. Il faut que les Compagnies reviennent aux pratiques de 1846, 1847 et 1848, qu'elles organisent des camionnages très-puissants et très-importants, qu'elles fassent mieux

et plus vite que le commerce ne le fait en ce moment, et alors, maîtresses de l'enlèvement, elles lui donneront une impulsion convenable et une grande partie des inconvénients signalés disparaîtront. En un mot il faut que les Compagnies, au lieu de considérer le transport par rail comme la seule chose dont elles doivent s'occuper, se préoccupent au contraire beaucoup des transports au delà, pour arriver à imprimer aux transports une vivacité qu'ils ont perdue par le fait d'un camionnage imparfait et impuissant, parce qu'il n'est pas centralisé dans des mains intelligentes et largement dotées de moyens d'action en rapport avec l'importance du service à effectuer.

La lenteur de l'enlèvement est due aussi aux formalités trop minutieuses de l'octroi dans les grandes villes. Il nous semble qu'à cet égard, et puisque les octrois ne peuvent être supprimés, il y aurait lieu d'examiner s'il ne serait pas possible de se servir des agents du chemin de fer, préposés à la reconnaissance, comme préposés à l'octroi, en recevant une délégation spéciale des villes. De même que les Compagnies perçoivent pour l'État les droits sur les voyageurs, de même les Compagnies percevraient par leurs agents les droits pour l'octroi qui seraient ajoutés aux notes de frais. Les préposés de quai en reconnaissant les marchandises, et en appliquant la taxe à cette marchandise, feraient payer la taxe afférente à l'octroi. Il n'y aurait ainsi qu'une seule reconnaissance, au lieu de la double reconnaissance, et le rôle de l'octroi se résoudrait à une simple surveillance.

Il y a là une étude spéciale à faire et qui, en simplifiant les rouages, accélèrerait beaucoup le service des arrivages.

Il y aurait lieu d'étudier aussi, pour ces simplifications, s'il ne con viendrait pas d'employer les timbres mobiles pour un grand nombre de produits soumis à l'octroi.

Quant à l'emploi de magasins particuliers, je ne crois pas le remède suffisant ; il faudrait autoriser les Compagnies, pour les arrivages dans les gares, à être magasinières des marchandises.

En Angleterre, à Liverpool et à Londres, des magasins appartenant aux Compagnies sont annexés aux grandes gares d'arrivages ; de sorte que la marchandise aussitôt arrivée, si elle n'est pas enlevée immédiatement, est mise en magasin. Après un certain délai, les marchandises supportent un droit de magasinage.

La manutention des marchandises devrait être exclusivement confiée aux Compagnies ; jamais on ne devrait laisser faire le déchar-

gement par les étrangers : alors on pourrait avoir des modes de déchargements mécaniques dans toutes les grandes gares. Les quais d'arrivages, toujours libres, ne seraient jamais encombrés, les wagons ne seraient pas inoccupés et seraient renvoyés tout de suite et une grande rapidité serait imprimée à la manutention, qui, concentrée en des points limités, pourrait être exécutée par des engins mécaniques.

Je recommande à l'attention des Compagnies françaises les modes employés pour la gare de Saint-Pancras, à Londres, où des magasins, placés au-dessus des quais d'arrivages et dans les caves en sous-sol sous ces mêmes quais, permettent l'emmagasinage des marchandises dans de grandes proportions et aident puissamment à éviter l'encombrement des gares.

Dans la même gare de Saint-Pancras, où il existe 200 grues mues par l'eau en pression, à deux heures après midi il ne reste pas un colis sur les quais d'arrivages.

Toutefois, il y a lieu de faire une remarque essentielle pour l'emploi des appareils mécaniques; il faut pour que ces appareils soient bien utilisés que tous les wagons, sans exception, soient découverts ou ouverts par le haut, cette ouverture étant fermée par une trappe, sans cela l'usage des engins est impossible ou peu économique. En Angleterre, bien que l'on soit dans un pays très-pluvieux, les 11/12 des wagons sont ouverts, la marchandise est protégée par des bâches et les wagons sont tous étudiés pour pouvoir être bâchés facilement et convenablement, et la marchandise est mieux protégée peut-être que dans nos wagons couverts qui sont mal fermés. Il y a à appeler l'attention des Compagnies sur cette particularité indispensable à l'emploi des engins économiques de déchargement.

En montrant l'avantage du déchargement rapide, nous signalerons que les wagons, en Angleterre, travaillent beaucoup plus qu'en France; les dépenses de matériel sont moins considérables et partant les frais d'exploitation diminuent, tout en obtenant une meilleure rémunération du capital. Une observation fort importante à faire encore, c'est le moyen trop primitif employé pour le déchargement des combustibles en général. En Angleterre, à Londres, ce déchargement ne coûte pas plus de 10 cent. la tonne, et un wagon est déchargé en quelques minutes ; en France, ce déchargement coûte de 30 à 40 cent. la tonne et dure plus longtemps ; de là immobilisation de matériel et,

comme conséquence, matériel plus considérable et capital engagé plus important.

La construction des chemins de fer est très-avancée, l'exploitation occupe un rôle considérable maintenant, puisque le produit des chemins de fer s'élève, en France, à 750 millions.

Ce qui nuit le plus à la rapidité des manœuvres et à la manutention des marchandises et qui occasionne aux Compagnies françaises des dépenses très-élevées de main-d'œuvre et un mauvais emploi du matériel, c'est la dispersion énorme de tous les services. Ainsi, quand l'on compare les gares anglaises aux gares françaises, on voit que la surface de ces dernières est triple et quadruple pour les voyageurs et pour les marchandises. Le service des aiguillages est aussi très-divisé et par là moins rapide et plus coûteux comme personnel.

Comme nos exploitations françaises sortent enfin de la période d'essai et se rapprochent de l'activité des gares anglaises, il faut étudier avec attention les méthodes anglaises; cette étude fera voir évidemment que nos méthodes, qui se sont immobilisées depuis vingt ans, doivent changer, que les anciennes grandes gares doivent être remaniées de fond en comble si on veut arriver à la rapidité qu'exigent maintenant l'accroissement du trafic et les économies que l'on doit réaliser sur les frais d'exploitation.

Si les Compagnies françaises n'entraient pas franchement et résolûment dans cette voie, leurs frais d'exploitation, qui dépendent du prix de la main-d'œuvre qui s'accroît chaque jour, ne tarderaient pas à s'élever d'une manière sensible, sans apporter les perfectionnements et la rapidité que demandent le commerce et l'industrie à certains moments de l'année où le trafic prend le plus de développement.

Je pourrais citer quelques essais timides d'emploi d'appareils mécaniques qui ont donné des résultats remarquables et qui sont bien dignes d'attention.

8. *L'usage que le commerce fait actuellement des expéditions en gare est-il un obstacle à la création d'entrepôts privés?*

L'usage des expéditions en gare est sans doute un obstacle à la création d'entrepôts; aussi pour inviter à cette création faut-il supprimer la faculté de séjourner en gare; mais si cet errement est conservé, il faut modifier les gares des chemins de fer. Au lieu d'avoir des gares à

rez-de-chaussee, il faut adopter les gares entrepôts à plusieurs étages, le rez-de-chaussée servant simplement de quai de reconnaissance. Les Compagnies, en entrant dans cette voie, y trouveront profit par la meilleure utilisation de leur matériel.

Au sujet de la faculté de désencombrement produit par les magasins, je citerai l'exemple de la gare du Havre où, par le fait du voisinage des docks, toutes les marchandises non réclamées immédiatement sont mises dans les docks où le destinataire peut aller les réclamer, et jamais il n'y a plus d'encombrement à la gare du Havre depuis que cette mesure a été pratiquée.

Cet état de choses montre bien l'avantage des magasins voisins des gares, et indique la voie à suivre, dans le cas où le commerce ne ferait pas construire des magasins dans le voisinage des gares.

Il est incontestable que, si à toutes les gares de Paris il y avait des magasins annexés, ces magasins étant bien aménagés pour la manutention rapide des marchandises et leur élévation aux étages supérieurs, s'il était nécessaire, jamais il n'y aurait d'encombrement pour les marchandises d'arrivage. Or il est bon de le signaler, les gares d'expéditions ne sont jamais encombrées que lorsque les arrivages affluent en trop grande abondance. La rapidité des expéditions peut être aussi grande que l'on veut, elle ne peut être limitée que par le matériel disponible ; or, ce matériel sera de plus en plus disponible du moment où il ne fera pas de séjour inutile en gare d'arrivage ; c'est de cette immobilisation de matériel que vient tout le mal.

Comme suite à mes observations, je reproduis une note que j'avais envoyée à la Société des Ingénieurs civils en 1871, au moment le plus aigu de la crise des transports. Cette note, avec ses conclusions, m'a paru de nature à entrer dans la réponse que j'ai cru devoir faire à l'enquête ouverte par l'Assemblée nationale. (Voir Annexe, n° 1).

6. *Quelles sont vos observations sur les services rendus par les commissaires de surveillance administrative et les inspecteurs de l'exploitation commerciale?*

Je crois qu'on pourrait beaucoup simplifier cette surveillance coûteuse et qui ne rend pas de services sérieux au point de vue des marchandises, le contrôle des conducteurs et des ingénieurs de l'État devant suffire.

7. *L'emploi de wagons appartenant à l'industrie ne serait-il pas de nature à prévenir le retour de crises semblables à celles que nous traversons?*

L'emploi de wagons appartenant à l'industrie devrait être développé, cela rendrait des services en ce sens que les propriétaires intéressés à utiliser leurs wagons les feraient décharger très-rapidement; mais la condition indispensable pour éviter le désordre, c'est d'exiger des voies spéciales et voisines des gares pour le matériel des entrepreneurs.

8. *Quelles sont les conditions à établir pour fixer les rapports des Compagnies et des industriels qui fournissent leur matériel?*

Nous extrayons de l'ouvrage de M. Schwabe, sur les chemins de fer anglais, les observations suivantes qui toutes s'appliquent aux chemins français.

En Angleterre, les wagons ouverts, affectés au transport des charbons, des minerais, des pierres, etc., sont ordinairement fournis par les exploitants des mines qui en ont la propriété ou qui les louent aux établissements de construction de matériel, très-nombreux en Angleterre. A côté de leur fabrication courante sur commande, ces établissements pratiquent cette location sur une grande échelle, et ce genre d'affaires doit être rémunérateur, car certains d'entre eux payent à leurs actionnaires des dividendes de 10 p. 100.

La location se fait suivant deux systèmes différents: soit à bref délai et avec restitution du véhicule, soit de manière à ce que, après un temps déterminé, les wagons appartiennent aux locataires.

Dans le premier cas, le prix de location annuel est fixé à 11 livres (275 francs) pour un wagon ouvert à quatre roues, coûtant environ 1,575 francs et construit de la manière la plus simple: les frais de réparation sont supportés par l'établissement qui met le matériel en location. Dans le second cas, on exige, pour le même wagon, une redevance trimestrielle de 3 livres (75 francs), calculée sur les bases d'un amortissement en sept ans, sous conditions que toutes les réparations soient supportées par le locataire.

Les chemins de fer ont également recours à ce dernier système pour augmenter, sans délai, leur parc de matériel quand le besoin s'en fait sentir. Lorsque les circonstances le commandent, ils peuvent ainsi, peu

à peu, couvrir les frais de location au moyen des recettes de l'exploitation.

Ce système de location paraît être tout aussi favorable aux chemins de fer qu'aux ateliers de construction, et il n'est pas douteux que les houillères et les autres établissements industriels n'apprécient bientôt les avantages attachés à la faculté de louer du matériel de chemins de fer.

Les chemins de fer, et particulièrement ceux qui parcourent les centres de production du fer, de l'acier et du charbon, sont hors d'état de satisfaire aux exigences de l'industrie, malgré l'accroissement important que subissent chaque année leurs parcs de matériel. Ils sont incapables de fournir, à toutes les époques de l'année, la quantité de wagons nécessitée par le trafic, et ne peuvent donc que voir d'un bon œil les particuliers venir à leur secours en leur fournissant eux-mêmes les moyens de transport. Nous ne comprenons pas quel pourrait être l'inconvénient de ce système pour les Compagnies de chemin de fer, puisqu'elles conservent toute leur autorité dans la rédaction des règlements relatifs à l'emploi du matériel privé.

La construction des wagons ouverts fournis par les particuliers est astreinte à des conditions très-bien définies. Ces conditions sont fixées d'une manière si précise, soit par des prescriptions réglementaires, soit même par l'expérience, que la généralisation de l'emploi de cette catégorie de wagons ne peut rencontrer de difficultés, ni affecter en aucune manière la sécurité des transports; le renouvellement et l'entretien peuvent, d'ailleurs, être soumis à la même surveillance que dans le système actuel. Nous ne croyons pas davantage que l'on puisse s'effrayer de la difficulté de contrôler des wagons appartenant à un grand nombre de propriétaires. L'expérience acquise en Angleterre fait justice de cette crainte. Nous considérons donc comme dignes d'une très-grande attention les avantages qui résultent de la fourniture des wagons par les particuliers.

Les charbonnages et les mines ne sont guère en droit d'exiger que les chemins de fer leur fournissent, en tous temps, la quantité de wagons correspondant à un trafic momentané et variant, avec les saisons, dans des limites très-étendues. Cependant, il est à remarquer que l'on entend régulièrement, au commencement de chaque hiver, c'est-à-dire à l'époque où les transports prennent un développement subit, s'élever un concert de plaintes sur le manque de matériel : ces plaintes se tra-

duisent en appels au gouvernement, en vue de remédier à une situation prétendûment mauvaise; elles ont eu jusqu'ici pour résultat d'obliger les Compagnies à accroître, autant que possible, leur matériel. Mais plus les chemins de fer cherchent à faire droit aux réclamations du public, en se mettant en mesure de faire face aux besoins de l'hiver, plus il est à redouter qu'une partie des wagons ne chôme pendant les mois d'été, comme cela ne se voit que trop souvent. Les tarifs très-peu élevés applicables au transport des charbons, etc., ne peuvent compenser les pertes infligées aux chemins de fer par ce chômage et celui-ci peut même, dans certains cas, compromettre sérieusement le mince bénéfice produit par ces transports à prix réduits.

Jusqu'à présent, on n'avait pas trouvé de remède à cette situation fâcheuse, qui échappe, la plupart du temps, à l'attention du public. L'industrie, soutenue par le vif intérêt que porte le gouvernement à son développement, a vécu dans l'idée que le principe de la non-intervention de l'État qui, cependant, est si souvent invoqué par elle-même, n'était pas applicable aux chemins de fer.

Ce moyen simple et naturel de donner aux industries la faculté de fournir leurs wagons permettra de prévenir la plupart des plaintes si fréquentes des expéditeurs, qui constituent, malgré tous les efforts des chemins de fer, une source permanente de différends. L'industrie jouira ainsi d'une plus grande indépendance, puisqu'elle aura entre les mains les moyens d'augmenter, dans des limites très-étendues, la quotité de ses transports et, par conséquent, de tirer le meilleur parti des fluctuations commerciales.

Toutes les tentatives des chemins de fer pour réduire les délais de déchargement et pour empêcher qu'ils ne soient dépassés, seront infructueuses, même en ayant recours à de fortes amendes, tant que l'industrie n'aura pas un intérêt direct à bien utiliser le matériel. Ce but sera atteint lorsque les particuliers fourniront eux-mêmes leurs wagons.

D'autre part, on peut être assuré que le déchargement des matières pondéreuses sera notablement accéléré par l'emploi d'installation semblables à celles que nous avons vues en Angleterre, et qui, eu égard à l'importance de ces transports, permettront en outre de réaliser des économies considérables. Ces économies, profitant aux industriels seuls, leur permettront d'espérer une réduction ultérieure des frais fixes par suite de la plus grande rapidité des manœuvres.

L'industrie ayant alors un intérêt direct à mieux utiliser les wagons, on

pourra, en outre, s'attendre à voir aboutir les efforts que l'on a faits pour équilibrer le trafic d'hiver et le trafic d'été, en favorisant ce dernier, tentatives restées infructueuses jusqu'aujourd'hui, malgré la garantie des bonifications. Il serait possible, en effet, dans certains cas donnés, d'augmenter, pendant la saison d'été, les transports de charbons, de pierres et d'autres matières pondéreuses, sans pour cela accroître sensiblement leur prix de revient.

La fourniture des wagons par les particuliers aurait pour conséquence la séparation du trafic de traction et du trafic d'expédition ; à ce point de vue, il donnerait satisfaction aux économistes, qui ont souvent préconisé cette séparation comme très-désirable dans l'intérêt public ; mais quelque grande que fût cette satisfaction, et quelque importants que fussent les avantages propres du système, on ne saurait en attendre la réalisation prochaine que si elle n'est pas accompagnée de trop grands sacrifices.

Il est également probable que les chemins de fer favoriseraient la fourniture des wagons par les particuliers, en leur accordant une bonification convenable qui tiendrait lieu de prix de location. Le système appliqué jusqu'aujourd'hui et qui consiste à proportionner le prix de location au nombre de kilomètres parcourus, ne peut être considéré comme suffisant (sur la plupart des lignes ce prix est de $1^{f},66$ par essieu et par kilomètre pour les wagons fermés ou ouverts d'un tonnage de 5,000 kilogrammes et plus). La nécessité d'une base plus rationnelle s'est déjà fait sentir, et l'on a émis l'opinion qu'il serait avantageux, au point de vue de l'utilisation et de l'accroissement du matériel, d'élever le taux de la location et d'en faire une indemnité suffisante pour payer l'intérêt du capital ainsi que les frais d'entretien et de renouvellement du wagon. On a donc proposé de remplacer le système actuel par une évaluation basée à la fois sur l'étendue et la durée du parcours. De cette manière, les pertes que pourraient faire les particuliers en fournissant leurs wagons seraient insignifiantes, et, dans tous les cas, largement compensées par les bénéfices qu'ils en retireraient.

A côté des avantages généraux que nous venons d'examiner, signalons encore un point de vue particulier auquel il serait très-désirable que les établissements de construction admissent le principe de la location du matériel. Développé comme il est en Angleterre, ce système constituerait un énorme avantage pour les chemins de fer secondaires et pour tous ceux dont le capital de premier établissement est limité par

des difficultés financières ou naturelles. Ils pourraient louer la plus grande partie de leurs wagons pendant les premières années de l'exploitation, et attendre ainsi que le trafic ait pris un développement suffisant. Cette manière de procéder serait, d'ailleurs, non moins favorable aux grandes Compagnies qui se trouveraient en mesure de faire face, dans certains cas, aux exigences de l'industrie, en louant temporairement du matériel.

9. *Existe-t-il des difficultés dans les relations des grandes, des petites Compagnies de votre région et les Compagnies d'intérêt local?*

Il n'en existe pas, mais je crois que pour éviter les difficultés qui pourraient surgir dans l'avenir, il faudrait en venir à la méthode anglaise. Par un acte du parlement, une Compagnie anglaise peut obtenir le droit, sous des conditions déterminées, de faire passer les wagons et les marchandises sur les voies d'une autre Compagnie. En France, le cahier des charges actuel ne donne pas une liberté assez grande à l'administration publique ; les prix de péage édictés par le cahier des charges sont le plus souvent hors de proportion avec les services rendus ; de là, pour la Compagnie nouvelle, une aggravation de charges à laquelle, pour se soustraire, elle est obligée de construire des lignes nouvelles qui lui sont coûteuses et en définitif tournent au détriment du pays dont la fortune industrielle est inutilement engagée hors de proportion avec les services rendus.

En un mot, une Compagnie nouvelle devrait pouvoir demander au gouvernement le droit de passer sur une ligne existante suivant des conditions particulières à chaque cas, tandis que maintenant par le cahier des charges, ce droit est le même pour toute la France ; et il n'est pas douteux que la situation peut varier d'un grand nombre de manières, suivant l'importance du trafic de la nouvelle ligne, suivant l'importance du capital de construction de la ligne sur laquelle on veut passer. Il nous semble que ces droits de péage devraient être réglés sur le prix moyen de transport sur la ligne qui sert de passage. Il faudrait aussi que les lignes nouvelles puissent se servir des gares suivant des conditions déterminées par la loi en ne laissant pas ce droit à l'arbitraire d'un cahier des charges, le même pour tous les cas. En Angleterre toutes ces obligations sont réglées par un acte du parlement qui est la loi des parties et qui varient suivant les circonstances multiples qui peuvent se pré-

senter et qui sont souvent basées sur le tarif moyen de chaque Compagnie, voyageurs et marchandises.

Comme conclusion à nos observations nous dirons :

L'encombrement des chemins de fer tient à trois causes :

1° A l'imperfection du camionnage et à l'imperfection des gares mal aménagées pour un grand trafic ;

2° Au mode imparfait employé pour les chargements et les déchargements, et à la mauvaise construction des wagons ;

3° A l'usage immodéré que le commerce a fait des arrivages en gare, usage qu'il faut faire cesser par des avantages à donner à ceux qui enlèveront rapidement les marchandises.

Pour faire cesser l'encombrement, les Compagnies de chemins de fer doivent rompre avec les vieilles traditions dans les gares d'arrivages, elles doivent concentrer leurs opérations au lieu de les étendre comme elles le font ; elles doivent chercher à perfectionner les modes actuels de camionnage et se prêter à l'exécution des tramways, à l'emploi des machines routières, et rapprocher autant que possible les gares de marchandises de l'intérieur des grandes villes.

Pour que les gares ne soient pas un obstacle à la rapidité des transports, il faut proportionner la vitesse de circulation sur la voie à la vitesse d'enlèvement et de distribution dans la ville.

Les Compagnies doivent étudier l'organisation des trains à grande distance, se prêter à l'exécution des lignes destinées à raccourcir les distances et surtout à la grande ligne de ceinture de Paris, et avant tout organiser de puissants camionnages pour assurer l'enlèvement des marchandises au fur et à mesure de leur arrivée dans les grandes villes.

ANNEXE N° 1.

Des transports par chemins de fer.

L'attention de l'Assemblée nationale vient d'être appelée sur un fait qui exerce une influence considérable sur les transactions commerciales, et porte un préjudice énorme à l'agriculture, à l'industrie, au commerce et au pays tout entier.

M. le Ministre des Travaux publics a indiqué les diverses causes qui arrêtaient les transports sur nos chemins de fer, et il a dit qu'il allait

prendre un arrêté de nature à atténuer ces graves inconvénients, arrêté qui peut se résumer ainsi : « *Les marchandises ayant séjourné cinq jours dans une gare seront examinées d'office aux frais du destinataire et portées dans un magasin.* »

La mesure proposée par M. le Ministre nous paraît insuffisante et ne remédie pas complétement au mal signalé. Il faut une mesure plus radicale, sur laquelle nous appelons l'attention du gouvernement.

Nous avons l'espoir qu'elle aura pour effet d'atténuer les inconvénients de la situation actuelle, supprimera le retour périodique des mêmes inconvénients qui sont signalés chaque année, et imprimera aux transports des marchandises, sur les chemins français, une rapidité qui ne peut exister par le fait d'une pratique adoptée seulement pour les chemins de fer français. Le mode actuel doit être modifié si on veut imprimer aux transports sur les chemins de fer la rapidité qu'on est en droit d'en attendre, rapidité qui existe sur les chemins de fer anglais et allemands.

M. le Ministre des Travaux publics a signalé la cause principale du manque de rapidité dans les expéditions. Elle tient à l'encombrement périodique des gares, encombrement provoqué par le fait du séjour, pendant quatre, cinq et six, même quinze jours, de certaines marchandises sur des quais ou dans les wagons qu'il était impossible de décharger.

En France, les gares de marchandises, transformées en docks, occupées par les marchandises que le camionnage n'enlève pas, sont vite encombrées, quand le trafic prend un certain développement. Malgré l'énorme surface qu'elles occupent, et qui atteint pour certaines gares de Paris jusqu'à 30 et 35 hectares, il est impossible de décharger les marchandises nouvelles qui arrivent ; on est obligé de remiser les wagons chargés dans les gares voisines ou sur les voies d'évitement de la gare, de sorte que l'on immobilise ainsi un grand nombre de wagons qui, s'ils étaient déchargés aussitôt leur arrivée, pourraient repartir tout de suite et satisfaire à de nouveaux besoins. Il n'est pas rare de voir, par exemple, tel expéditeur de vins qui réclame avec instance des wagons à Cette et à Narbonne, avoir 30 ou 40 wagons non déchargés à Bercy.

En établissant la balance entre les wagons demandés et les wagons inutilisés dans les gares, toutes les Compagnies arrivent, en temps ordinaire, à démontrer que leur effectif est plus que suffisant. Ce qui est

insuffisant, ce sont les moyens d'enlèvement dans les gares pour toutes les marchandises dont la loi laisse aux destinataires la libre disposition.

Si on veut arriver à supprimer ces encombrements périodiques si préjudiciables aux intérêts du commerce, il faut modifier notre système et imiter le système anglais, au moins dans ce qu'il y a de pratique et d'essentiel.

La description de ce qui se fait en Angleterre est donc utile pour juger et voir ce qu'il y a à faire en France.

L'organisation du service des marchandises en Angleterre peut se caractériser ainsi :

Maximum de vitesse imprimé à tous les transports;

Livraison immédiate à domicile des marchandises;

Fourniture des wagons pour les grosses marchandises par les expéditeurs;

Enfin, absence absolue de réglementation et entente entre les Compagnies et le commerce, sur tous les détails du service.

Une gare de marchandises, dans les grandes villes de l'Angleterre, est disposée de manière à ce que le service se fasse ainsi :

Le matin, grande activité sur le quai d'arrivée : tout un côté est occupé par les wagons en déchargement; tout l'autre côté est rempli par des camions prêts à livrer la marchandise à domicile.

Le soir, à partir de quatre heures, grande activité sur le quai d'expédition : tout un côté est occupé par les camions en déchargement, et l'autre côté rempli de wagons dans lesquels la marchandise est chargée.

Dans la soirée, le quai des arrivages est presque vide.

En Angleterre, les marchandises passent, pour ainsi dire, du wagon sur le camion, et inversement; en France, les marchandises séjournent plusieurs jours sur les wagons, les quais n'étant pas libres pour les recevoir.

Le séjour des marchandises en gare est une chose absolument inconnue en Angleterre.

Les ingénieurs anglais qui visitent nos grandes gares de marchandises sont confondus d'étonnement, et ils ne comprennent pas la transformation de ces gares en véritables docks.

Les chemins de fer, disent-ils, sont faits pour transporter la marchandise, et non pour la conserver. La remise immédiate à domicile est dans la règle absolue. Cette remise s'effectue soit par les voitures des



destinataires qui attendent à la gare l'arrivée des trains, soit surtout par les compagnies ou les entrepreneurs qui les représentent.

Les quais des gares anglaises diffèrent des quais des gares françaises par la multiplicité des appareils destinés à la manutention des marchandises.

Tandis que nous n'employons les grues et les treuils que pour les lourds colis, les Anglais ne manutentionnent, pour ainsi dire, aucun colis à la main : les sacs de blé, les tonneaux, sont saisis par les grues et transportés du wagon au camion, quelquefois sans toucher le sol du quai ; les grues sont mises en action soit par le feu, soit par l'eau en pression. Sur plusieurs points les grues sont à deux et trois étages. De cette situation, il résulte que les marchandises demandent trois fois moins de temps à être livrées en Angleterre qu'en France ; que les gares ne sont jamais encombrées, et que les wagons, toujours et constamment utilisés, servent trois fois plus.

M. Moussette, inspecteur général de l'exploitation des chemins de fer français, envoyé en Angleterre, pour étudier l'exploitation des chemins anglais, s'exprime ainsi dans le rapport qu'il a donné :

Les gares anglaises sont infiniment plus petites que les gares françaises, et si le droit de séjour dans les gares n'est pas modifié, les Compagnies françaises sont exposées à donner à leurs établissements des agrandissements sans limites.

D'un autre côté, le rôle des Compagnies anglaises pour le transport de la houille et des marchandises de la classe minérale se réduit à celui de simple entrepreneur de traction. Les wagons sont la propriété des expéditeurs, ils sont chargés hors du terrain du chemin de fer, et les Compagnies anglaises restent absolument étrangères aux difficultés et aux récriminations qui se produisent sur le continent chaque fois qu'il y a manque de wagons.

De l'examen comparatif des choses telles qu'elles se pratiquent en France, et telles qu'elles se passent en Angleterre et en Allemagne dans les grandes gares, il se dégage trois faits principaux :

1° Rapidité des transports par l'absence du séjour des marchandises en gare ;

2° Livraison de toutes les marchandises à domicile ;

3° Emploi des moyens mécaniques et rapides de chargement :

Développement considérable de la faculté donnée aux expéditeurs d'avoir des wagons leur appartenant et dont ils peuvent disposer, les Compagnies de chemins de fer étant chargées de la traction seulement.

Tous ces résultats pourraient être obtenus avec la législation actuelle des chemins de fer français, à la condition que la livraison de toutes les marchandises fût effectuée à domicile, c'est-à-dire, qu'aussitôt arrivées en gare, elles soient enlevées immédiatement, et que l'article 52 du cahier des charges des six grands réseaux français, convention de 1859 et qui se termine ainsi :

« Toutefois, les expéditeurs et destinataires resteront libres de faire eux-mêmes, et à leurs frais, le factage des marchandises. »

Soit modifié ainsi :

« Les expéditions de marchandises ne se feront plus en gare, mais à domicile. Les camionnages des marchandises se feront par les soins des Compagnies. »

Les marchandises ne séjournant plus en gare, il est certain que la rapidité et les avantages particuliers que donne l'exploitation anglaise seront obtenus par les réseaux français, tout en permettant aux Compagnies de mieux utiliser leur matériel.

Nous espérons donc que le gouvernement voudra bien modifier l'article 52, qui est la seule cause des difficultés considérables que soulève l'exploitation des lignes françaises et qui se renouvellent chaque fois que le trafic prend un certain développement.

DESCRIPTION

DE

LA STATION ET DU COMBLE DE SAINT-PANCRAS

CHEMIN DE FER INTÉRIEUR

PAR WILLIAM-HENRY BARLOW, F. R. S., M. INST. C. E.

ACCOMPAGNÉE D'UN RÉSUMÉ DE LA DISCUSSION DU MÉMOIRE

à la Société des Ingénieurs civils de Londres.

Le système de lignes connu sous le nom de *chemin de fer intérieur* (Midland-Railway) prit naissance par la fusion des chemins de fer de Midland-Counties, North-Midland, Birmingham et Derby. Au moment de leur fusion chacun d'eux se trouvait dans une position financière très-précaire. A cette époque (1844), la longueur totale du Midland-Railway était de 200 milles. L'avantage de l'unité d'action de ces trois chemins de fer était très-grand et fut rapidement constaté par les actionnaires et le public. En peu de temps, le système de ces trois chemins de fer fut augmenté par bail ou fusion du Birmingham-Glocester, du Sheffield-Rotherham, du Leeds-Bradford et du Liecester-Sawmington, pendant que la Compagnie réunie construisait de nouvelles lignes passant par Lincoln, Peterborough, Buxton, la vallée d'Erewash, Nottingham. Mansfield et d'autres lignes de moindre importance.

Peu de temps après, on fit des conditions à une ligne qui unissait le chemin de fer Leeds-Bradford avec celui de Lancaster-Morecombe-Bay. A cette époque, le transport résultant de la réunion de ces grandes villes



manufacturières et des riches districts houillers du Derbyshire et du Liecestershire, dépendait du chemin de fer London-North-Western pour les arrivages à Londres. En 1857, le Midland ouvrit la ligne de Liecester-Hitchin, ce qui lui fit une deuxième ligne de communication avec Londres par le Great-Northern. Un peu plus tard, la Compagnie du Midland construisit une ligne de Rowsley à Buxton, dans le Derbyshire, et, avant de l'ouvrir, obtint l'autorisation de construire une ligne allant du chemin de fer de Buxton à ceux de Sheffield, du Lincolnshire et de New-Mills, se ménageant ainsi des moyens de communication directs avec Manchester et les districts environnants du Lancashire.

Le Midland-Railway s'était ainsi transformé de ligne locale en un grand réseau se reliant à des villes importantes et nombreuses, aux centres commerciaux du Yorkshire et du Lancashire et aux riches districts houillers du Derbyshire et du Liecestershire ; on résolut enfin de demander au Parlement l'autorisation de faire une ligne allant à Londres.

Partant de Bedford, cette ligne traverse Saint-Albans et Luton, entre à Londres par un tunnel sous Haverstock-Hill, et finit près de Enston-Road, dans la paroisse de Saint-Pancras, tout près de la station de King's-Cron et du chemin de fer le Great-Northern.

A quelque distance du *terminus*, un embranchement d'une voie abandonne la ligne principale et descend graduellement, par un tunnel sous la nouvelle gare des voyageurs, pour se réunir au chemin de fer Métropolitain, près de leur station de King's-Cross.

La Compagnie du Midland avait tout d'abord organisé, à Londres, un chantier à marchandises lui appartenant et qui communiquait avec la ligne principale du chemin de fer de Great-Northern pendant la durée de ses travaux avec cette Compagnie. Une grande augmentation de marchandises et, comme conséquence, la nécessité de voies d'évitement, de halles couvertes, de magasins, etc., prouva l'utilité d'acquérir autant de terrain que possible dans le voisinage de sa gare de marchandises à Londres ; aussi la Compagnie ne perdit-elle pas un instant à acheter à des conditions avantageuses un terrain qu'on lui offrait près de Enston-Road. La possession de ce terrain détermina la position de la nouvelle station. Le voisinage du terrain de cette station est traversé par le Régent's-Canal, à une distance de 45 chaînes, au nord du Enston-Road ; aussi dut-on faire passer au-dessus du canal la ligne principale des passagers afin de conserver de bonnes dispositions

et les plus convenables pour les stations de Cambden-Road, Kentish-Toron et Haverstock-Hill. Il en résulta que le niveau de la station de Saint-Pancras fut de 12 à 17 pieds au-dessus des routes voisines.

D'autre part, l'embranchement de Saint-Pancras, afin d'effectuer sa jonction avec le chemin de fer Métropolitain, fut pris à un niveau inférieur passant sous le canal de Régent, ainsi que sous une longueur considérable de la voie principale et ses bâtiments, ainsi que sous la gare des voyageurs.

Un espace utile considérable, de même étendue que la station et au-dessous d'elle, fut la conséquence de l'élévation des rails au-dessus du sol. Dans le projet primitif, on devait combler cet espace avec les matériaux extraits du tunnel de l'embranchement de Saint-Pancras et faire le comble de la station des voyageurs de 2 ou 3 portées. Mais comme la gare était bornée au sud par Enston-Road, à l'est par le vieux chemin de Saint-Pancras et à l'ouest par Brewer-Street; comme, d'autre part, la différence de niveau rendait possible la construction d'un plancher inférieur communiquant directement avec ces rues, la station fut considérée si avantageuse que les directeurs prirent la décision de consacrer ce sous-sol tout entier aux marchandises, en établissant une communication avec les voies au moyen de treuils hydrauliques.

On disposa ce sous-sol tout spécialement pour le trafic de la bière de Burton, et afin d'économiser l'espace le plus possible, on décida l'emploi de colonnes et de poutres au lieu de piliers et d'arcades en briques; les distances entre les colonnes furent les mêmes que celles des magasins que l'on avait construits exprès pour le magasinage de la bière. C'est ainsi qu'en réalité la longueur d'un fût à bière devint l'unité de mesure à l'aide de laquelle furent prises toutes les dispositions de cet étage.

Cette décision conduisit à une révision de la couverture de la station. Il devint évident que si l'on employait des colonnes intermédiaires, elles devraient être descendues jusqu'au sol inférieur, avoir environ 60 pieds de long et un diamètre beaucoup plus considérable que le reste des colonnes qui se trouvaient sous la station. Cela conduisait également à l'emploi de longrines, de croisillons variables, à une disposition variable du sol inférieur, augmentant ainsi le prix par tonne de cette portion de l'appareil en fer; de plus la distribution économique était dérangée. De plus, ces colonnes eussent supporté de grandes surfaces de couvertures s'ajoutant au plancher en surchargeant d'autant les fondations qui,

d'entre elles eussent dû être placées au-dessus du tunnel de l'embranchement de Saint-Pancras, il eût fallu des moyens spéciaux et une augmentation de dépense pour supporter la charge précitée en ces endroits.

D'autre part, on remarqua que les longrines du plancher traversant la station formaient le tirant suffisant et tout prêt d'une couverture en arc traversant la gare d'une seule portée, puisqu'il ne fallait, pour obtenir une couverture de cette construction, qu'un arc formant la partie supérieure de la ferme, dont les longrines du sol formeraient la membrure inférieure. Dans le cas particulier, il y avait un troisième point à observer.

Dans les couvertures métalliques, telles qu'on les construit habituellement, la flèche est environ 1/8e de l'ouverture ; mais ici, en adoptant un arc qui traverserait la gare, la hauteur du tirant situé sous les rails, au sommet de l'arc, devint la hauteur effective de la ferme, et cette hauteur étant environ les 2/5es de l'ouverture, tous les efforts horizontaux provenant du poids mort du toit, de sa couverture, des amas de neige, etc., seraient environ les mêmes dans un arc d'une ouverture de 240 pieds avec une hauteur de ferme de 100 pieds, comme dans une ferme ordinaire de 120 pieds avec hauteur de 24 pieds. Si donc nous exceptons de telles additions qui pourraient être nécessaires pour conserver à l'arc sa configuration, la surface de section au sommet et les 2/3 environ de l'arc entier n'avaient pas besoin d'être plus grands qu'une ferme ordinaire de 120 pieds de portée. L'arc apportait avec lui plusieurs avantages.

L'un d'eux était de ne pas faire nécessairement les murs latéraux plus épais, puisque le poids de la couverture était reporté à niveau de sol au lieu de rester au sommet des murs. En effet, non-seulement on évitait la charge au sommet des murs, mais aussi le mouvement destructeur provenant de la dilatation et de la contraction d'un comble ordinaire, qui, malgré qu'on puisse l'atténuer, n'est pas évité par l'emploi de rouleaux ou autres moyens analogues aux pieds des fermes.

On vit aussi que l'arc pourrait être constitué de plaques rivées comme un pont ordinaire de chemin de fer, évitant ainsi la dépense qui vient de l'emploi de fonte et de fer forgé dans les combles ordinaires, ainsi que les taraudages, *gibs and cotters*, les soudures et autres main-d'œuvre coûteuses de même nature. De plus, pour revenir à la question

de la dilatation et de la contraction de la couverture en arc, comme les tirants sont sous le balast, la température varie si peu qu'il est inutile de les prévoir; quant à la partie arquée de la couverture, qui seule peut être sujette à des changements appréciables, le seul effet produit sera une légère élévation ou un léger abaissement du sommet.

Les dispositions des boîtes à rouleaux ou coulisses, nécessaires dans les combles ordinaires pour remédier aux effets des variations de température, étaient supprimées par l'adoption d'un arc; enfin, l'adoption d'un seul arc économisait non-seulement la valeur des colonnes et de leurs fondations, mais aussi celle des poutres nécessaires à les relier à leur partie supérieure, ainsi que le chéneau entre les toits, les tuyaux de descente et autres dispositions servant à enlever les eaux sur la ligne centrale des deux toits qui eussent mesuré environ 2 acres.

Tous ces motifs favorisaient l'idée d'un arc au-dessus de la gare, la question qui restait à résoudre était celle-ci : Quelle flèche, quelle forme à donner à la poutre, quelles dispositions additionnelles fallait-il employer pour constituer un arc qui pût garder sa forme dans toutes les conditions d'efforts provenant de son propre poids, de la neige et de puissants coups de vent. Les résultats auxquels on arriva, partie par le calcul, partie par l'expérience, sont les suivants :

1° La flèche de la courbe doit être suffisante pour contenir toutes les résultantes de pressions engendrées par le poids mort, la neige et le vent ;

2° La surface de section du métal doit être suffisante pour résister à l'effort total sans que le fer ait à travailler à plus de 3 tonn. 1/2 par pouce carré ;

3° Que toutes les parties de l'arc doivent être rivées entre elles avec des couvre-joints convenables de manière à lui donner les avantages d'une continuité parfaite.

La valeur additionnelle probable des fermes ainsi construites, de 240 pieds d'ouverture, comparées aux fermes de 2 portées de 120 pieds et leurs colonnes, fut estimée à environ 6,000 livres.

Malgré cela, l'importance attachée par les directeurs et le directeur général à une parfaite liberté d'emploi de la surface totale de la gare pour les besoins du trafic, débarrassée de colonnes et autres choses gênantes, fut telle que les instructions furent données d'employer un arc d'une seule portée.

aussitôt les plans et les dispositions de la gare. Les travaux en briques qui se trouvaient sous la gare, y compris l'embranchement de Saint-Pancras, qui passait dessous, et tous les travaux des voies supérieures et inférieures s'étendant vers le nord de 3/4 de mille, formèrent un marché comprenant plusieurs ouvrages compliqués. Ce marché fut passé et exécuté d'une manière satisfaisante par MM. Waring, sous la surveillance de M. Campion, chef de cabinet de l'auteur de cette brochure, tandis que la chaudronnerie de plusieurs ponts, viaducs et autres travaux d'art, y compris les colonnes, poutres, longrines du plancher inférieur de la gare, fut confiée aux soins de son aide, M. Grier. L'auteur doit les détails de la couverture à M. Ordish, dont les connaissances pratiques et les excellents conseils lui permirent, tout en conservant la forme, la flèche et le projet général, d'apporter plusieurs améliorations dans la construction.

Pendant que cela était en train, on invitait les architectes les plus éminents à concourir pour les projets de bâtiments de la gare, les bureaux d'enregistrement et l'hôtel. On fournit, d'ailleurs, aux architectes les plans des divers bâtiments, indiquant la position des bureaux d'enregistrement, les salles d'attente et l'hôtel, avec le projet du comble de la gare, auquel on devait ajuster les murs intérieurs. Enfin, le projet de M. Gilbert Scott fut adopté et l'on acquit les services de cet architecte éminent pour élever les bâtiments de la gare et l'hôtel au-dessus des fondations.

La disposition générale de la gare est sur le type de celles de Cannon-Street, Charing-Cross et Victoria, en ce sens que les trains d'arrivée sont amenés de chaque côté d'une voie praticable aux voitures, mais elle en diffère en ce que les bureaux d'enregistrement sont sur le côté au lieu d'être au bout des plates-formes.

La pl. 87, fig. 7 indique la disposition des plates-formes et des voies de la gare des voyageurs. Rien n'appelle l'attention d'une manière spéciale, si ce n'est qu'il y a trois niveaux de rails, le plus bas est l'embranchement de Saint-Pancras, qui traverse en courbe obliquement du côté ouest au côté est. Au-dessus sont les rails du plancher inférieur, et encore au-dessus sont les rails et les plates-formes de la gare à voyageurs. La Compagnie du Midland construisit aussi une partie de la deuxième ligne du Métropolitan-Railway, qui passe sous l'extrémité de l'hôtel et sous les parties sud des routes d'arrivée à la gare.

la livraison du charbon sur la route de Saint-Pancras, ainsi que dans Cambridge-Street et le bassin du canal, construit pour échanger les marchandises entre le chemin de fer et le canal.

Tous ces bâtiments furent outillés des appareils les plus nouveaux et les plus recherchés pour décharger le charbon; dans Brewer-Street, on est en train de continuer des travaux semblables.

La devanture de l'étage inférieur de la gare, aboutissant aux voies voisines, fut transformée en boutiques aux endroits où les besoins du chemin de fer pouvaient le permettre. L'espace ainsi employé est celui compris entre les murs de la gare et les rues.

La section verticale couverte de la gare des voyageurs paraît grande parce qu'il n'y a pas de colonnes ni autres objets qui masquent la vue; en réalité, elle n'est pas aussi grande que quelques-unes des gares d'arrivée de Londres.

Le tableau ci-dessous indique la surface relative couverte de quelques-unes des principales gares de tête:

NOMS DES CHEMINS DE FER.	NOMS DES GARES.	SURFACE MESURÉE au-dedans des murs en yards carrés.	LONGUEUR de la voie de service.
Londres et North-Western.	Gare de Euston........	23,144	»
Great-Northern.........	Gare de King's-Cross....	22,308	»
Midland................	Gare de Saint-Pancras..	18,822	»
South-Eastern..........	Gare de Cannon-Street et Charing-Cross.......	13,875 + 8,888	»
Great-Western.........	Gare de Paddington....	28,807	»
—	Gare de Victoria.......	environ 40,000	»

DESCRIPTION DU SOL INFÉRIEUR.

Le sol inférieur contient 720 colonnes de fonte à bases de pierre posées sur fondations en briques; 49 rangs de longrines principales traversent la gare et 15 longrines semblables la parcourent dans sa longueur. Celles-ci portent des longrines intermédiaires et le tout est couvert de plaques de joint, système Mallet.

La résistance des longrines et des plaques suffit à porter les locomotives réparties sur toute la surface du sol. Le prix de toute la ferron-

carré.

DESCRIPTION DE LA COUVERTURE.

Les fermes ou pièces principales se composent de fers laminés et de tôle ; elles ont 6 pieds de hauteur ou 1/40e de la portée totale. La partie des ferrures entre les murs est à jour, mais les extrémités des ferrures dans les murs se composent de plaques continues.

Le poids des pieds ou piédestaux est de 9 tonnes 18 quintaux × 2 =	19 tonnes.	16 quintaux.
La partie à jour allant d'un mur à l'autre, est de	35	00
Le poids de chaque ferme est donc de	54 tonnes.	16 quintaux.

Le prix de chaque ferme se répartit ainsi que dessous :

	L.	s.	
Fers forgés spéciaux, 54 tonnes 16 quintaux à 18 liv. 10s =	1013	16	0
4 boulons de scellement	49	0	0
4 scellements d'ouvrage	24	12	0
2 bases moulées	12	8	0
2 tympans de naissance ornés	32	8	0
Total	1132	4	0

Les fermes partent du devant des piliers des murs et les piliers partent de l'alignement des murs. La largeur entre murs est de 245 pieds 6 pouces, et la distance du centre au centre des fermes est de 29 pieds 4 pouces. L'arc se relève légèrement en pointe au sommet, et cette forme possède évidemment quelques avantages pour résister à l'action latérale du vent, en même temps qu'elle améliore l'effet architectural. Le rayon de courbure diminue aux naissances, afin de donner plus d'espace vertical près des murs. Le vitrage est en sillons et ondulé, la ventilation s'obtenant sur toute la longueur de chaque sillon, qui est ouvert et protégé de la pluie par un chapeau à ventilation. De cette façon l'aérage est très-complet. La couverture est également pourvue de passerelles sur toute la longueur, de façon que chaque carreau peut être enlevé et remplacé. Les pignons ou écrans consistent en trois longrines horizontales en lattis, larges de 6 pieds, unies et

supportées par des pièces verticales semblables. Leur disposition et leur mode d'attache aux fermes se conçoivent aisément.

Le levage du toit fut effectué au moyen de deux grands échafaudages en charpente, divisés chacun en trois parties, afin de pouvoir mettre en mouvement, séparément, chacune des parties des deux échafauds. Ces échafaudages furent étudiés par la Compagnie Butterley, qui avait entrepris la couverture et le plancher inférieur; M. G.-J.-N. Allègue dirigeait les travaux. Les échafauds avaient 40 pieds de large, étaient d'une grande résistance et contenaient environ 25,000 pieds cubes de charpente et 80 tonnes de ferrements. Le poids de chaque échafaud était d'environ 580 tonnes et en supposant dessus deux arbalétriers; le poids sur les longrines du plancher, y compris les hommes et les appareils, était à peu près de 650 tonnes. Le passage de ces deux échafaudages, qui pouvaient rouler tout du long du plancher du bâtiment, constituait une épreuve suffisante de la résistance de cette portion de l'ouvrage.

Le levage fut exécuté de la manière suivante : les deux parties inférieures ou les pieds des fermes furent d'abord placées provisoirement en position en tenant la maçonnerie de briques environ 3 pieds au-dessous de sa hauteur définitive. Les pieds furent alors soigneusement fixés à l'aide de pièces de charpente et de coins, puis rivés aux extrémités des longrines du plancher, après quoi l'on continua la maçonnerie en briques bleues de Staffordshire posées au ciment Portland, lorsque l'ensemble fut assuré à la partie inférieure et les pièces de charpente enlevées au fur et à mesure de l'avancement de la maçonnerie.

La partie à jour des fermes principales fut commencée à partir des extrémités de chaque côté par parties d'environ 18 pieds de long; elles furent mises provisoirement et supportées par l'échafaudage jusqu'à ce que toutes les pièces fussent en place. L'ensemble fut alors aligné, mis de niveau et rivé aux purlins (*pannes*) et autres pièces de fer.

Il fallut, pour lever les pièces et les river après avoir fixé les pieds, six jours pour chaque ferme, et les quatorze dernières fermes furent terminées en dix-sept semaines, y compris les retards dus au mauvais temps, au manque de matériaux et autres causes. La chaudronnerie fut levée par une machine à vapeur très-ingénieuse, qui actionnait des cordes de treuils (*derricks*) posés sur les échafauds. Les supports pouvaient s'ajuster sur l'échafaudage. On adopta des dispositions spéciales pour assurer l'alignement, la forme et le niveau de l'ouvrage; comme

terley, on arriva à les assembler sans difficultés. La plus grande dépression des fermes, une fois le centre déterminé, n'était que de 1/4 de pouce et la moyenne 3/16 de pouce.

Le marché prévoyait l'essai du toit, mais l'extrême raideur de l'appareil et les épreuves auxquelles il fut soumis pendant le levage suffirent à démontrer qu'un essai ultérieur était inutile. Par suite d'un retard dans la livraison des briques de parement pour les murs de côté, on leva un nombre considérable de fermes qui furent couvertes de madriers, d'ardoises et vitrées avant l'achèvement des murs de côté. En même temps survinrent plusieurs bourrasques, dont l'une était très-rude, et cependant il n'y eut pas le plus léger mouvement visible. Les alignements du toit sont remarquablement bien conservés.

La Compagnie Butterley s'est fait le plus grand honneur par la manière dont elle a construit le toit, et leur contre-maître de chantier, M. Clark, mérite une mention toute particnlière pour le levage et l'assemblage sur place.

RÉSISTANCE DU COMBLE.

En étudiant la résistance d'une couverture de cette forme, on ne pouvait se prévaloir d'aucun précédent de dimension suffisante. Dans les trois combles à grande portée précédemment construits (principalement ceux des gares de New-Street, à Birmingham, de Cannon-Street et de Charing-Cross, à Londres) on employa des fermes en arc munies d'un tirant et de liens espacés entre le tirant et le sommet de la ferme, qui lui assurent sa forme arquée. Il fallait construire à Saint-Pancras un arc capable de conserver sa forme sans liens autres que le tirant. Le métal fut donc soumis à une faible pression, et l'on supposa qu'un poids additionnel considérable s'ajoutait au poids propre de la ferme. Partant de là, afin d'assurer la résistance, l'arc fut projeté pour supporter 70 livres par pied carré mesuré sur le plan en plus du poids des fermes et l'effort sur le métal ne dépassant pas 3 tonnes 1/2 par pouce carré, ce qui équivaut environ à une charge de 56 livres par pied carré avec effort de 3 tonnes par pouce carré. Sur les 54 tonnes 16 quintaux, poids de la ferme, une partie appartient au moyeu d'attaches au tirant; excluons cette partie, et le poids de la ferme se répartit ainsi :

La partie d'arc ouvert entre les naissances.	35	tonnes.
Les pieds ou piédestaux, 9 tonnes 10 quintaux chacun.	19	»
	54	tonnes.

La surface portée par la portion arquée de la ferme est de 240 pieds × 29 pieds 4 pouces. . . . . 7,040 pieds carrés

Avec la surcharge de 70 livres par pied, la surcharge totale est de 7,040 × 70 livres.	220	tonnes.
Ajoutons le poids de l'arc..	35	»
	255	tonnes.

La ligne de pression forme un angle de 55° avec l'horizontale aux naissances, conséquemment les pressions sont :

Aux naissances..	155	tonnes.
Au sommet..	89	»

L'aire de la section de la ferme est de 46 pouces carrés, savoir : 23 pouces carrés à l'âme supérieure et 23 pouces carrés à l'âme inférieure ; en sorte que l'effort sur le métal avec la charge supposée de 70 livres par pied carré est de :

Aux naissances.	3	tonnes	27	quintaux.
Au sommet.	1	»	94	»

L'expérience a démontré que dans les grands combles les fermes de forme ordinaire donnent naissance à des efforts mesurés par une charge de 56 livres par pied, qui, ajoutée au poids de la ferme, peut aller à 4 ou 5 tonnes en compression, et de 7 à 8 tonnes en tension, sans dépasser la limite d'élasticité.

Le motif qui fit adopter une pression aussi faible à Saint-Pancras, fut que, dans un arc de cette forme particulièrement sous l'action latérale du vent, la ligne de pression dévie plus ou moins du centre de gravité de la section. L'effet de cette déviation est de rejeter une pression plus considérable sur un côté de la ferme que sur l'autre. Mais la valeur de la différence qui prend ainsi naissance est contrebalancée et modifiée par la hauteur et la raideur de la ferme résistant à la flexion, ainsi que par les croix de Saint-André qui permettent aux pressions qui agissent sur un côté de la ferme de se transmettre à l'autre.

L'essai vient de ce que l'on pourrait nommer les épreuves involon-

taires pendant le levage des fermes. La grande raideur et l'absence presque totale de dépressions ou modifications quelconques du comble mènent à cette conclusion, que la résistance de l'ensemble est supérieure à ce qui eût été indispensable.

Afin de rendre possible une comparaison à ceux qui s'intéressent à notre sujet, nous avons donné un état, sous forme de tableau, des principales dimensions de la construction des fermes des cinq principaux combles qui aient été construits. Il comprend le comble actuellement en cours d'exécution par M. William Barket, pour le chemin de fer de London et North-Western à la gare de Lime-Street, à Liverpool, dans lequel les portées varient jusqu'à 220 pieds. La ferme dont M. Barket a fourni le détail à l'auteur a 212 pieds de portée.

NOMS DES GARES.	PORTÉE de la ferme du comble.	FLÈCHE mesurée du sommet de l'arc au tirant.	SURFACE du toit supportée, mesurée sur le plan.	DESCRIPTION de la COUVERTURE.	POIDS de la couverture par pied carré.	POIDS d'une FERME.	AIRE de la section qui subit la compression maximum.	AIRE de la section du tirant au milieu.	REMARQUES.
	Pieds.	Pieds.	Pieds carrés.		Livres.	Tonnes.	Pouces carrés.	Pouces carrés.	
Gare de New-Street à Birmingham.....	211	23	5,064	Tôle ondulée et verre.	20	25	35,05	12,56	La ferme pose d'un bout sur un mur et de l'autre sur une colonne de 5 tonnes 10 quintaux.
Gare de Charing-Cross......	166	30	5,810	Planches, ardoises et verre.	37	27	27,00	14,18	Murs des deux côtés.
Gare de Cannon-Street.....	190	30	6,469	Id.	37	37.[1]	33,76	25,14	Murs des deux côtés.
Gare de Lime-Street (Liverpool)	212	22.9	6,784	Id.	38	44	50,37	33,00	Portée par deux colonnes, pesant chacune 5 tonnes 10 quintaux.
Gare de Saint-Pancras......	240	107	7,049	Id.	37	54	46,00	»	Naissance à la surface du sol. Poids des piédestaux compris dans celui de la ferme.

1. Il y a aussi environ 5 tonnes 10 quintaux de fonte, consistant en semelles, plaques de fondation, consoles, scellements qui terminent les extrémités des fermes.

Le comble tel qu'il fut projeté possédait vingt-quatre principales fermes et un pignon ou écran du côté nord. On avait l'intention de terminer le côté sud par un mur, comme dans les combles des gares de de Cannon-Street et de Charing-Cross. Mais l'adoption du projet de M. Gilbert Scott, pour les bureaux de la gare et l'hôtel, fit abandonner cette disposition.

Dans le projet primitif, l'hôtel était monté au-dessus de la partie sud des bureaux de la gare, mais on craignit que la vapeur et la fumée des locomotives ne se fissent jour par les fenêtres de l'hôtel, et M. Scott projeta un second pignon écran pour l'extrémité sud, afin d'isoler la gare des bâtiments de l'hôtel. Ce second écran entraînait une ferme principale additionnelle; ce fut le seul point sur lequel on s'écarta du projet primitif de l'auteur.

Le prix du comble tel qu'il est installé est, d'après le relevé des comptes :

Les vingt-quatre fermes principales avec boulons de fondation, scellements, tympans ornés, socles moulés, etc.	27,187 liv. st.
Couverture, comprenant glaces, plomberie, pannes, fermes intermédiaires, contreventements, chêneaux, ventilateurs, galeries, etc.	26,296 »
Coût total du toit, écrans exceptés.	53,483 liv. st.
Pour le pignon nord.	7,375 liv. st.
Ferme principale additionnelle, tympans, etc., à l'extrémité sud.	1,132 »
Pour le pignon sud.	7,375 »
	8,507 liv. st.

L'espace entre les murs, mesuré sur place, étant de 169,400 pieds superficiels, le prix des 100 pieds carrés sera de :

Pour les vingt-quatre fermes principales.	16 liv. 1 sh.
Pour la couverture, y compris les conduites, etc. .	15 10
Coût total du comble sans écrans.	31 liv. 11 sh.
Coût additionnel de l'écran nord par 100 pieds carrés.	4 liv. 7 sh.
Coût additionnel par 100 pieds carrés de la ferme extra et l'écran sud..	5 »

NOMS DES GARES.	PORTÉE en PIEDS.	Coût par 100 pieds² excepté LES PIGNONS.			A AJOUTER pour UN PIGNON.	
		l.	s.	d.	l.	s.
Cannon-Street	190	43	10	0	6	0
Charing-Cross	166	34	0	0	6	0
Saint-Pancras	240	31	11	0	4	7
New-Lime-Street	212	30	0	0	coût, estimé	
Victoria, côté du Great-Western	120	27	13	4	compris les pignons.	

Ce n'est cependant pas là une règle des valeurs des constructions. Le prix de pareils ouvrages est sujet à varier avec celui de la main-d'œuvre et des matériaux au moment de l'exécution, avec la position locale et la rapidité plus ou moins grande de la livraison. Ils peuvent aussi varier ultérieurement et d'une manière plus considérable avec la position financière de la Compagnie pour laquelle se fait l'ouvrage. La chaudronnerie et ouvrages en fer des combles de Cannon-Street et de Charing-Cross furent passés au prix de 24 liv. 5 sh. la tonne, tandis que la nouvelle gare de Liverpool fut payée 17 liv. 5 sh. la tonne, les constructions étaient pareilles dans les deux cas et le détail de l'ouvrage identique.

On a souvent dit qu'il y aurait eu plus d'économie à faire le comble de Saint-Pancras de deux portées au lieu d'une. Dans les circonstances ordinaires, on eût obtenu pour différence 1/3 du prix des fermes principales, mais la dépense additionnelle de colonnes qu'eût entraînée le cas particulier, motivées par l'étage inférieur et le tunnel eussent diminué considérablement cette différence. Au point de vue de l'espace gagné, l'adoption de ce procédé était discutable ; car, ainsi qu'on peut le voir au plan, les colonnes eussent été placées là où la gare est reculée pour poser des rails, et leur diamètre, ainsi que le débouché nécessaire de chaque côté, eût amené à sacrifier une voie ou bien eût pris une largeur équivalente sur les quais.

Donc, si l'on considère que la Compagnie a obtenu sa gare dans la métropole à un prix si élevé de terrain et d'ouvrages d'art, que sa surface totale, eu égard à l'étendue de la ligne, est moindre qu'aucune autre gare de tête de Londres, et que le réseau du Midland n'est pas encore en communication avec toutes les sources commerciales prévues, le sacrifice d'une largeur de 5 à 6 pieds dans l'endroit le plus utilisable de la gare eût à peine justifié une économie même plus importante que

vité de la gare est libre d'entraves de quelque nature qu'elles soient, et la Compagnie peut y faire toutes modifications ou dispositions de lignes et de quais motivées par l'énorme transport qui ne cesse de s'augmenter. Le comble a une grande résistance, n'a pas été plus coûteux que d'autres construits précédemment, et, eu égard à son coup d'œil et à son effet général, ne sera pas considéré probablement comme impropre à une gare de tête de Londres, dont le réseau est aussi considérable et aussi important que celui de la Compagnie du Midland.

Le prix d'une couverture en général, considéré purement au point de vue de la construction, indépendamment des variations du prix des matériaux, est un problème simple.

L'élément qui domine tout est le mode de couverture, vu qu'il entraîne avec lui le prix et la charge. Une tôle légère et ondulée non-seulement coûte meilleur marché que la planche et l'ardoise, mais ne pèse pas plus de la moitié, nécessitant ainsi moins de résistance dans les fermes. L'emploi des fers à châssis au lieu de bois augmente beaucoup le prix d'une couverture : les premiers ont l'avantage de la durée, mais le bois donne les facilités les plus grandes pour faire des joints étanches, et quand il est préparé par le procédé de Burnett ou de Kyani, c'est peut-être la matière la plus convenable.

Quand on a fixé le poids et le mode de la couverture, la résistance des pannes dépendra de leur éloignement et de la distance qui sépare les fermes. Dans le comble de Saint-Pancras, les pannes sont plus légères que d'habitude, parce que leur distance est de 5 pieds 6 pouces là où elles se réunissent aux fermes, conséquemment la résistance voulue est obtenue avec peu de matière.

Les fermes suivent les mêmes lois que toutes les constructions qui portent des charges. Avec le même mode de couverture, les mêmes poids de pannes, la masse des matériaux des fermes varie presque proportionnellement au carré des portées; conséquemment, si l'on estime au carré de la couverture, la valeur varie directement avec les couvertures.

Dans les fermes ordinaires, l'espacement étant d'environ 30 pieds et la couverture en madriers, ardoises et verre, le poids de métal nécessaire des fermes peut être exprimé approximativement en tonnes par 100 pieds carrés de couverture en divisant la portée en pieds par 320.

D'où les nombres ci-dessous, qui donnent les poids approximatifs nécessaires aux différentes portées :

Portées en pieds.	Poids par 100 pieds carrés des fermes, en tonnes.
80	250
120	375
160	500
200	625
240	750

Si la position tout entière des fermes consistait à soutenir la couverture, les poids des fermes varieraient en raison directe du poids de la couverture, mais il est toujours nécessaire de prévoir un excédant de résistance pour les effets du vent et de la neige; cet excédant est une quantité constante, en sorte que réduire le poids de la couverture de moitié ne réduit le poids de ferme que d'environ 1/3.

Ces principes, quoique constatés suffisamment par la pratique, ne sont pas bien certains pour de très-grandes portées.

En pareille occasion et aussi pour comparer les dimensions de deux espèces de fermes, il est préférable d'avoir recours à la portée limite, c'est-à-dire que nous supposons une construction donnée susceptible de porter une charge donnée avec un effort comme sur le métal, que l'on doive agrandir dans toutes ses dimensions; donc, en tant que l'aire de la section métallique résistante croît comme le carré de la portée, tandis que le poids de la construction croît comme son cube, il s'en suit qu'il y a une portée dans laquelle le poids de la construction seule, sans aucune charge, produira l'effort donné sur le métal.

Soit w = le poids en tonnes d'une construction donnée ;

Soit s = la portée ;

Soit o = la charge qu'elle peut supporter avec un effort donné sur le métal ;

Soit L = la portée limite ;

on aura $\frac{o+w}{w} \times s = L$ la portée limite, et pourvu que l'effort sur le métal soit aussi grand que la sécurité le permet, la limite ainsi obtenue devient un modèle ou mesure de la valeur de la construction.

Ci-dessous se trouvent les portées limites, calculées approximativement, de quelques-unes des constructions, portant des charges, les plus usitées.

L'idée de traiter les valeurs relatives des constructions par leurs portées limites est due au professeur Rankine. Elle offre un moyen rapide d'obtenir approximativement le poids d'une construction donnée, car, si l'on connaît la portée limite de la classe de construction, on a :

$$w = \frac{o \times s}{L - s}.$$

Supposons qu'on veuille calculer le poids d'une ferme du comble de Liverpool avec un effort de 5 tonnes à la compression, et une autre de 7 tonnes 1/2 à la tension, on aura : la charge, estimée à 56 livres par pied carré sur 6,784 pieds de couverture, est de 170 tonnes ; la portée est de 212 pieds, et la portée limite ou module est de 1,050 pieds.

Donc on a : $$\frac{170 \times 212}{1,050 - 212} = 43 \text{ tonnes.}$$

DÉSIGNATION.	EFFORT à la COMPRESSION.	EFFORT à la TENSION.	PORTÉE limite APPROXIMATIVE.
	tonnes.	tonnes.	pieds.
Pour une longrine (arbalétrier) pleine en tôle, hauteur 1/16 de la portée..	4	5	500
Longrine (arbalétrier) en lattis, hauteur 1/16 de la portée............	4	5	536
Longrine (arbalétrier) en lattis, hauteur 1/12 de la portée............	4	5	672
Longrine (arbalétrier) en lattis, hauteur 1/10 de la portée............	4	5	768
Longrine continue en lattis, pont de la Boyne (modèle).................	2	2	888
Fermes de combles ordinaires en arc...	4 1/2 à 5	7 à 9	1000 à 1050
Fermes de combles en arc de St.-Pancras.	2.8	»	1022
Id.	3.0	»	1086
Id.	3.5	»	1270
Chaîne du suspension-Bridge, projection du sinus, 1/10 de la portée........	»	5	2220
Câble en fil de fer du suspension-Bridge.	»	5	2400
Id.	»	6	2880

De même pour le comble de Birmingham : 5,040 pieds de couverture, évalués à 40 livres par pied, représentent 90 tonnes ; la portée est de 212 pieds, et la portée limite, comme précédement, 1,050 pieds.

Donc on a : $$\frac{90 \times 211}{1,050 - 211} = 23 \text{ tonnes.}$$

Les poids réels sont 44 tonnes et 25 tonnes ; dans le comble de Liver-

pool, la différence est due à ce que les efforts de tension et de compression sont respectivement inférieurs à 5 tonnes et 7 tonnes 1/2. Dans le comble de Birmingham, l'effort à la tension est plus grand, mais beaucoup moindre à la compression ; il est, en effet, de moins de 4 tonnes. Il est facile de comprendre que le module ou portée limite dépend entièrement de l'effort auquel est soumis le métal.

Les portées limites indiquées ci-dessus pour des longrines et des ponts suspendus sont calculées avec les efforts en usage actuellement d'une manière générale, aussi diffèrent-elles de celles obtenues par le professeur Rankine, qui adopta 3 tonnes par pouce carré pour le poids mort et 6 tonnes pour la charge vive.

L'ensemble du sujet des portées limites des constructions mérite une étude plus complète; car elles permettent non-seulement la preuve de la valeur d'une construction, mais encore de connaître le poids avant de commencer les dessins de l'ouvrage. Aussi peut-on rejeter toutes les attaches, liens, etc., etc., qui sont superflus.

M. J.-J. Allport dit que les gares de chemins de fer furent fréquemment projetées, soit avec colonnes intermédiaires ou murs en briques, variant de 1 à 5 ou 6 portées. En quelques années, il arriva souvent que de telles gares devaient être remaniées ; il fallait des quais où se trouvaient posées les voies et réciproquement, la difficulté était alors de faire le remaniement sans reconstruire la gare entièrement.

En discutant la question avec M. Barlow, l'orateur s'était efforcé de faire sentir à M. Barlow combien il était souhaitable d'avoir autant que possible une gare exempte de colonnes, de murs en briques, quoiqu'il n'eût pas à ce moment en vue un comble comme celui qui a été construit. Il avait aussi suggéré aux directeurs du Midland-Railway qu'on devait voûter la gare en entier, sachant que l'espace ainsi aménagé sera très-profitable au trafic de la bière de Burton ; il croyait que cela fît naître tout d'abord dans l'esprit de M. Barlow l'idée d'un comble d'une seule portée, disposition dont l'avantage avait déjà été éprouvé.

Pour donner accès aux voûtes, tout d'abord, on devait installer en

dehors du mur ouest une grue hydraulique, afin de ne gêner en rien les voies dans la gare ; mais des recherches ultérieures démontrèrent que cette disposition nuirait à l'emploi des voûtes inférieures, et l'on résolut d'installer une grue en face le centre de la station, à l'entrée nord. Si la gare avait été en deux portées, il était évident que les murs du centre ou les colonnes eussent gêné l'usage facile de la grue avant que la gare eût été ouverte.

Les voies centrales de la gare pourraient êtres continues comme voies de marches ou remplacées ultérieurement par des quais. Actuellement il y a cinq quais ou plutôt cinq voies à quais, et l'on peut au besoin en construire en plus deux quais ou davantage.

Dans la discussion qui eut lieu sur le journal (*Projet et dispositions de gares de chemins de fer*), on établissait qu'on avait le projet de placer les bureaux dans une certaine position à la gare de Saint-Pancras. Les remarques, eu égard à la position des bureaux d'enregistrement des bagages (*booking offices*) furent sévèrement critiquées, mais l'expérience a prouvé qu'ils étaient à la place convenable. Il y avait déjà trois quais sur toute la longueur de la gare et les quais étaient facilement accessibles en partant des bureaux ; s'ils eussent été au centre des bâtiments, dans la plupart des cas, les voyageurs eussent éprouvé l'inconvénient d'être obligés de parcourir la moitié de la longueur d'un quai pour aborder l'un quelconque des autres.

Il fit tout son possible par rapport à la peinture du comble de Saint-Pancras pour éviter l'emploi de couleurs brun foncé qui le rendaient triste et lourd, nuisant jusqu'à certain point à l'apparence de grandeur qu'eût acquise sans cela la gare. Il pensait que la couleur d'un comble devait, autant que possible, se rapprocher de la nature, et certainement jamais il ne vit un ciel de cette couleur, même quand il est brumeux. A plusieurs reprises, il avait discuté cette question avec M. Barlow et M. Gilbert Scott, pensant avoir rallié ce dernier à son opinion et obtenir que la peinture fût différente de ce qu'elle est. Il fut frappé de quelques remarques faites à une réunion de la Société des Arts, où fut lu un mémoire sur la décoration des surfaces, et où l'on effleura la question de décoration des toits. L'auteur de ce mémoire disait que la nature ne se trompait jamais, et qu'en décorant des murs on devrait suivre la nature aussi près que possible. Quand le ciel est brumeux, c'est un blanc léger ou un gris pâle, à l'état naturel il est d'un magnifique bleu, teinté quelquefois de rouge et d'or ; il est certain que si M. Barlow

avait adopté ces couleurs pour son toit, l'œil eût été bien autrement flatté par l'aspect qu'il eût eu que par celui qu'il a.

Le colonel Rich dit, en examinant la gare de Saint-Pancras, la plus belle gare de tête de Londres, « il y a deux points à améliorer, dans les constructions analogues à venir. » L'un d'eux était celui-ci : l'effort au sommet des fermes eût dû être le même qu'aux naissances. S'il en était ainsi, le comble eût été allégé beaucoup et eût pu être semblable à toutes les constructions en arc, outre que l'aspect du bâtiment y eût gagné et la dépense amoindrie. L'autre point portait sur la manière dont les pieds des fermes avaient été fixés. Le procédé auquel on faisait allusion était analogue à celui de la reprise en sous-œuvre d'un bâtiment dont il est impossible de préserver les murs quand les fondations ont cédé. Il pensait que les maçonneries des murs latéraux eussent dû, tout d'abord, être poussées à un niveau convenable et les naissances des fermes, ayant été préparées suivant le besoin, eussent dû être placées dessus, la ferme aurait alors eu pour point de départ un point fixe, invariable, au lieu de rester suspendue et ajustée par des cales et de construire le mur ensuite comme dans une reprise en sous-œuvre. En disant tout cela il ajoutait qu'en général, dans son ensemble, la construction était fort belle. Il convint avec M. Allport que la couleur du toit nuisait à l'effet général, car la construction à son état primitif avait un aspect plus frappant qu'à présent, mais à cela il était facile de remédier.

M. J.-W. Barry fit remarquer qu'il y avait un élément très-important de discussion à considérer pour savoir si un comble devrait être d'une seule grande portée comme celui-ci, ou bien de deux portées plus petites, et ce point est la valeur du terrain sur lequel on construit le comble. Si le sol a une grande valeur comme à Londres, il pense économique de construire un comble à grande portée; tandis qu'à la campagne où le sol est comparativement à bon marché, de plus petites portées seraient d'un grand profit. Il avait calculé le prix du pied carré du terrain des gares de Cannon-Street et de Charing-Cross, et avait trouvé respectivement pour chacun d'eux 3 livres 78 centièmes et 2 livres 92 centièmes par pied carré. Si l'on évalue la perte d'espace due à l'emploi de colonnes et l'espace libre nécessaire autour d'elles où elles soient, à 4 pieds de largeur sur la longueur totale de la gare, la perte de terrain à Charing-Cross monterait à 8 176 livres et à Cannon-Street à 13 852 livres; si à ce chiffre on ajoute le prix des colonnes, soit pour Charing-Cross

[illegible] livres et pour Cannon-Street [illegible] livres, le prix des colonnes et du sol occupé par elles serait, pour Charing-Cross 9136 livres, et pour Cannon-Street 15112 livres. De plus la valeur totale des fermes de Charing-Cross était de 9700 livres et de 21898 livres pour Cannon-Street ; de sorte que d'un côté il eût été nécessaire d'économiser presque le prix entier des fermes, et de l'autre 3/4 pour qu'il y eût économie à construire en deux portées. Il était évident que là où le terrain coûtait 3 ou 4 livres le pied carré, il était économique, sans parler de l'inconvénient des colonnes qui gênaient toujours en interdisant le remaniement de la gare, de n'avoir qu'une seule portée pour utiliser ainsi chaque pouce de terrain acquis à ce prix énorme.

Ce qu'il savait du taux du magasinage à Londres lui prouvait que c'eût été une faute de remplir de terre l'espace dont on pouvait faire des caves dans la gare de Saint-Pancras. Il avait établi précédemment que le prix des ouvrages pour atteindre le niveau, se composant exclusivement de ponts au-dessus de la rivière, des rues et autres ouvrages semblables dans Londres, peut être estimé produire près de 5 pour cent de la dépense par le loyer des arches et sous-sols jusqu'à niveau. Cette assertion fut mise en doute, aussi étudia-t-il la question de plus près et arriva aux résultats suivants. La construction en sous-sol de la gare de Charing-Cross, qui n'était pas encore complétement louée, non compris la partie occupée par le trottoir, etc., coûta 37500 livres ; le loyer montait annuellement à 2000 livres ce qui représente plus de 5 pour cent de la dépense. Le sous-sol de la gare de Cannon-Street, non compris le pont au-dessus de Tames-Street, etc., avait coûté 50000 livres et quoiqu'il n'y eût qu'un peu plus de moitié loué, néanmoins, le loyer à l'heure qu'il est, est de 2500 livres par an, ce qui représente déjà 5 pour cent de la dépense. Les travaux jusqu'au niveau, au système des voies du chemin de fer de Charing-Cross, au sud de la Tamise, et jusqu'à la gare de London-Bridge, non compris les ponts au-dessus des chemins et l'espace qu'on ne peut approprier au commerce, coûta 117000 livres. Les arches n'étaient pas encore toutes occupées, mais la partie louée produisait annuellement 5500 livres ce qui représente près de 5 pour cent du prix du sous-sol. Cela s'accordait avec ce qu'il avait précédemment établi et si l'on tenait compte du prix de ce qui restait à louer, le résultat surpassait alors son assertion : que les chemins de fer métropolitains sur viaducs traversant des endroits populeux payeraient un intérêt annuel suffisant sur le prix de leur construction jusqu'à niveau de rail, que le

chemin de fer ne coûtait rien sur tout cet espace, si ce n'est pour l'espace occupé au-dessus des routes et les ouvrages au-dessus du niveau des rails. Il concluait donc que la dépense des magasins à Saint-Pancras était très-judicieuse, et ne doutait pas que le loyer s'approcherait de ce qu'il prévoyait.

M. G.-H. Phipps dit qu'il avait récemment étudié ces formes dans certains projets de combles qui guideraient naturellement sur leur économie. Quand les portées des espaces à couvrir sont semblables, et que les fermes sont des fermes ordinaires, comme dans celles de Cannon-Street, de Charing-Cross ou comme la partie de la gare de Victoria, appartenant à la Compagnie du chemin de fer de Brighton, il est évident, pour ce qui regarde les parties de la ferme qui travaillent en compression ou en extension que plus on les fait élevées, mieux cela vaut; mais la hauteur de la construction est bientôt limitée par l'économie, en conséquence de l'augmentation nécessaire du poids des étais angulaires (tirants), etc. Il en ressort donc qu'un système quelconque, semblable, par exemple, à celui de Saint-Pancras, qui permet d'augmenter largement le rapport de la hauteur à la portée, tout en évitant la nécessité de tirants inclinés doit être par cela même un système économique. Néanmoins, il y avait des considérants qui modifiaient cette conclusion générale, principalement l'effort maximum à la traction et à la compression auquel on pouvait soumettre avec sécurité les fermes en fer d'une construction en arc, efforts dus à la variation de la courbe d'équilibre en dehors de la ligne d'axe de l'arc lorsqu'il est soumis à la force variable du vent.

L'auteur avait assigné 2 tonnes 65 par pouce carré comme pression maximum dans le comble de Saint-Pancras, tandis que dans les fermes analogues une pression double, soit 5 tonnes 3 par pouce carré pouvait être employée avec sécurité. Il restait donc à examiner, dans quelle mesure, l'augmentation de hauteur du système en arc de Saint-Pancras compensait la diminution du coefficient de pression qu'on considérait de sécurité. On trouva que la hauteur, dans une ferme, jusqu'à ce que dans le rapport on nomme les naissances, était d'environ 78 pieds avec une ouverture effective à ce niveau, d'axe en axe des pièces principales de la ferme, de 234 pieds. Cela donnait une proportion de 1 de flèche pour 3 d'ouverture. Le rapport de la hauteur à l'ouverture donna les résultats ci-dessous pour les exemples choisis :

NOMS DES GARES.	PORTÉE.	HAUTEUR de la ferme.	RAPPORT de la hauteur à la portée.	EFFORT proportionnel par pouce carré.
Saint-Pancras........	234.0	78.0	1 à 3.00	1.00
Cannon-Street.......	190.5	30.0	1 à 6.35	1.72
Charing-Cross.	161.9	20.0	1 à 8.08	1.83
Victoria (deux de)....	120.0	12.0	1 à 10	»

Supposons le fer, dans chacune des trois premières portées entières, capable de supporter le même effort par pouce carré, et calculons en nous appuyant sur ce principe : que l'effort, et par suite le poids par unité de longueur, est comme le carré de la portée et inversement de la hauteur, les chiffres de la dernière colonne représenteraient le prix relatif de l'unité de longueur de la partie fer de la construction ; mais puisque la pression par pouce carré à Saint-Pancras n'a été prise que moitié de celle des autres combles, la dépense par pied de longueur deviendra donc 2.0, 1.72 et 1.83. La valeur additionnelle des piédestaux, dans cette partie des fermes de Saint-Pancras qui se trouvaient au-dessous du niveau des redans, fut sans doute considérable.

En ce qui concerne les portées divisées, comme celles de la gare Victoria, il devint évident pour M. Phipps (malgré l'économie due à la réduction des portées, le rapport de la hauteur à la couverture restant constant), que le faible rapport de la hauteur à la portée dans les exemples précités, toutes choses égales d'ailleurs, conduit naturellement à un excès de dépense. L'introduction de colonnes à Saint-Pancras eût été particulièrement regrettable, même si les dispositions générales l'eussent permis, à cause de la grande profondeur à laquelle on eût été obligé de porter les fondations. La charge élevée, 70 livres par pied carré en plan, accordée à M. Barlow avec un coefficient de pression aussi faible que 2 tonnes 65 par pouce carré, conduisit naturellement à une dépense dans le comble de la gare de Saint-Pancras, excédant celle d'autres couvertures calculées sur une base plus faible.

M. C. Marklam partage l'opinion qu'une gare de ce système possède de grands avantages. Les directeurs de chemins de fer avaient toujours rencontré de grandes difficultés dans le remaniement des quais pour faire face à l'augmentation des transports. Le principe d'un comble à une portée débarrassé de colonnes était d'une grande importance. Il

espérait qu'on ne défigurerait pas la gare par des cadres d'affichage posés sur les murs. Un des architectes les plus renommés de l'Europe conçut une construction qui honore le pays et les chemins de fer, mais aussitôt terminée elle fut couverte de cadres d'affichage. Au premier abord le comble lui produisit un effet désagréable qu'il admira de plus en plus chaque fois qu'il eut l'occasion de le voir. Il tombait d'accord avec M. Allport que la peinture pouvait être améliorée. Il avait toujours pris grand intérêt à cette construction, parce qu'il connaissait les vues de M. Barlow depuis la conception du projet. Il se perdait en cherchant à comprendre pourquoi le colonel Rich critiquait le mode de levage de la construction. Il est inimaginable qu'un bâtiment aussi considérable fût aussi parfait, et quand on sait que les fermes n'ont subi au levage qu'un affaissement insignifiant, on peut regarder l'œuvre comme parfaitement réussie au point de vue mécanique.

Comme explication, M. Allport ajouta que la gare avait été construite pour le commerce et comme les cadres d'affichage rapportaient à la Compagnie du Midland 1 000 livres par an, il ne pensait pas qu'on pût les blâmer pour les avoir disposés. Ils étaient tous d'une teinte légère et en grande partie rompaient la monotonie que le comble eût eue sans cette disposition. Si la couleur du comble était modifiée, peut-être les directeurs seraient-ils conduits à se défaire de quelques-uns des cadres d'affichage.

M. J. Heppel évalue l'excès de dépense de ce comble en une portée au lieu de deux, à environ 6 000 livres, mais ce surcroît de dépense était pleinement justifié par l'amélioration de disposition prouvée par une portée unique. En outre, le grand développement de ligne et le grand capital de la Compagnie du Midland font de cette dépense une différence infinitésimale eu égard à la valeur du stock consolidé, ce qui contrastait singulièrement avec la question récemment discutée de la dépense sur le chemin de fer San Paulo. Dans ce dernier cas, sans doute, une sage réserve fit adopter un mode de construction plus économique. Dans ce dernier cas, de la décision dépendait la viabilité de l'entreprise ; dans le premier, faire l'économie sus-mentionnée eût été un acte de parcimonie dont M. Barlow n'eût été remercié ni par le public, ni par les actionnaires.

Quant au système mécanique de la construction, il pensa, quand il fut établi, qu'une des conditions était que le contour de la ferme, entre ses deux membres principaux du haut et du bas, devait renfermer toutes

les lignes de pression, qu'on pouvait imaginer d'après le galbe, qu'on ne devait descendre qu'aux naissances où finissait le travail ouvert. En effet une ligne quelconque faisant un angle de 55°, inclinaison étudiée des lignes de pression en ce point quel que fût le sens de la naissance, devait passer au dehors de la base de la ferme entière. Cela conduisait à ce que l'on nomme un moment fléchissant ou effort transversal et la liaison avec la partie inférieure devait être plus énergique que celle d'une simple ferme avec son tirant.

La construction solide et résistante qui existait à la place de ce qu'on nomme tirant, ainsi que le pied de la ferme, chassait toute espèce de crainte de ce côté. Néanmoins il pensa qu'il fallait voir dans cette construction autre chose que ce que l'on observait habituellement dans une butée d'un arc équilibré et le tirant. Il semblait y avoir contradiction dans le mémoire, la ferme étant traitée comme si elle avait toute la hauteur jusqu'au tirant et les autres fermes comme n'allant que jusqu'aux naissances seulement.

On a mis en avant en ce qui regarde la ferme limite une question qui mérite plus d'étude qu'on ne lui en a généralement accordé. Il croit qu'une recherche soigneuse permettrait de trouver un module de fermes limites permettant de déterminer les valeurs relatives de types variés des constructions ; et aussi d'arrêter des projets particuliers quels qu'ils fussent, la ferme limite étant établie sûrement en partant de bons projets du type considéré.

M. J. W. Grover dit que s'occupant en ce moment de la construction d'un comble de dimensions équivalentes à celles du comble de la gare Saint-Pancras, il avait quelques remarques à faire. D'abord il attire l'attention sur le point de rupture qui semble être immédiatement au-dessus des naissances. Concevons l'arbalétrier retourné et articulé, chacune des sections étant réunie par ses charnières afin de nous rendre bien compte. De cette façon nous obtenons une chaînette, et au point au-dessus des naissances l'angle de la ligne de pression étant de 55° qui était plus ouvert, il y avait de la part de l'arbalétrier un plus grand écart de cette ligne qu'en tout autre point, donc c'est en ce point qu'aurait lieu la rupture. Au point de vue architectural, il considère le comble comme très-beau, mais il ne conçoit pas sur quels principes on s'est appuyé pour faire un sommet pointu à l'arc. Quelles que soient les circonstances, la pression doit être horizontale au sommet et dans le mémoire cette pression est établie de 89 tonnes, donc la poussée en bas est

la même. Avec un tirant portant 89 tonnes à 3 1/2 du pouce carré, pression maxima qu'il suppose adoptée dans le cas présent, une section de 25 pouces carrés 1/2 serait nécessaire, et en admettant 10 pour cent pour les rivures, cela donne une section de 28 pouces carrés, dont la section totale métallique doit contenir 28 pouces carrés. Ce qui donne sur une longueur de 260 pieds, un poids de 10 tonnes 18 quintaux comme poids du tirant.

Maintenant si nous avions à faire à un arc et à une ferme à tirant, en considérant le poids de la ferme entière nous devons tenir compte aussi du poids du tirant. Le poids de la ferme était de 54 tonnes 16 quintaux, et en ajoutant le poids du tirant 65 tonnes 14 quintaux; le tirant valant 13 livres 10 shellings, la tonne donne un prix total de 201 livres 13 shellings qui, ajouté au prix de l'arc, donne 1 333 livres 17 shellings pour l'ensemble, ou près de 3 livres en plus de ce qui a été établi par yard carré. On pourrait dire que le tirant fut formé partiellement du treillis et des membrures comprimées des longrines du plancher, et que, lorsque ces membrures furent unies en tension, les efforts furent les uns positifs et les autres négatifs et s'annulaient, mais il suppose les longrines continues et la ligne de pression alternativement dans les ailes supérieures et inférieures, aussi est-il à peine possible de se rendre compte de la tension totale des membrures comprimées. On pourrait dire que les plaques d'assemblage forment une section travaillant à l'extension, et qu'elles font face jusqu'à certain point à toutes les nécessités.

Il semble aussi digne d'examiner si les naissances des arcs qui sont si près du sol n'eussent pas été plus utilement reportées, et par suite tout le comble, 14 ou 15 pieds plus bas en se servant du sol comme buttées. Si l'on avait procédé de cette manière aucun tirant n'eût été nécessaire et le sol de la gare eût pu être construit en arcs de briques qui eussent été indestructibles. Si nous supposons que ces arcs eussent coûté aussi cher que ceux des viaducs de Bettersea de 30 pieds de portée soit 3 livres par yard, le prix total eût été le même et l'œuvre éternelle au lieu de se composer de fer forgé mince qui nécessite une peinture et qui comparativement n'a qu'une existence de peu de durée.

La charge de ce comble fut établie de 70 livres par pied carré mesuré sur plan non compris le poids des fermes, mais il pense que cela vaudrait la peine pendant qu'on s'en occupe de rechercher une solution certaine du poids qu'on peut adopter dans des cas analogues, parce que 70 liv. par pied carré étaient selon lui la charge accordée pour la charge

totale d'épreuve du pont suspendu de Clifton et du pont de Westminster. Si l'on doit entendre que le poids de cette couverture est égal à celui des passagers et des véhicules sur le pont de Westminster, il faut établir ce point avec soin. Selon lui, jamais un comble n'a dû supporter des charges aussi considérables. Eu égard au poids des fermes, il avait calculé des poids comparables avec ceux du comble de New-Street à Birmingham, se servant de la règle même de M. Barlow qui dit que le poids varie comme le carré de la portée. Le comble de la gare de New-Street à Birmingham avait une portée de 212 pieds, et les fermes pesaient 25 tonnes. En faisant la comparaison avec Saint-Pancras et en admettant 26 1/2 tonnes pour la différence dans la largeur du comble, les fermes pèseraient 51 tonnes 1/2 au lieu de 60 tonnes à Saint-Pancras, différence très-importante et bien plus considérable qu'on ne l'imaginerait à première vue.

Il ne reste plus qu'un point auquel il désire faire allusion ; c'est le faible effort à la compression adopté pour le métal au sommet : il ne peut pas comprendre pourquoi on n'accepte pour le sommet qu'un effort de 1 tonne 3/4 tandis qu'à la partie inférieure on adopte 3 tonnes 1/2. Si les efforts venaient de la partie intérieure de l'arc, il pourrait y avoir alternativement compression et tension sur les ailes, et conséquemment une aile pourrait être faite assez résistante pour supporter la tension totalement. Il y avait 46 pouces dans l'arc entier, mais il était possible dans certaines circonstances qu'une aile fît tout le travail et l'autre rien du tout, c'est-à-dire que tout l'effort se reportait sur 23 pouces. Quoique le vent ait beaucoup d'effet sur ces grands combles, il pense que l'effet sur une construction en arc est inférieur à celui qu'il a sur un aéromètre, sans cela, certaines constructions qu'il connaît eussent été renversées il y a longtemps. Pour conclure, il répète, que personne ne peut regarder sans l'admirer le comble de Saint-Pancras, que tout le monde est obligé de dire qu'il embellit la métropole, fait honneur à la Compagnie des chemins de fer qui le possède et à l'ingénieur qui l'a projeté.

M. E.-A. Cowper dit qu'il pense que M. Barlow entendait que l'arc véritable commençait du sommet des parties garnies de plaques des piliers, rendus solides par de puissants boulons de fondation non-seulement jusqu'au plancher, ce qui n'eût pas suffi, mais jusqu'aux fondations ; de sorte que c'étaient autant d'arbres de grues susceptibles de recevoir la poussée horizontale à leurs sommets, portant ainsi le véritable arc qui était uniforme, ou presque uniforme, puisque

l'effort à la compression ne variait pas beaucoup dans tout l'arc. Quoique l'angle très-léger formé par l'arc au sommet, pût paraître susceptible de critique, en ce sens qu'il abandonne la courbe véritable des efforts, il n'en est rien ; car, en tant qu'une chaînette qui est la courbe du comble lorsqu'il est également chargé, a une courbure plus marquée au sommet que partout ailleurs, l'angle léger à cet endroit de l'arc donne pratiquement une courbure plus marquée et de cette façon l'arc coïncide avec la chaînette beaucoup mieux qu'il ne l'eût fait, s'il n'y avait pas eu d'angle. Il trouve, en examinant la forme de l'arbalétrier arqué, qu'une chaînette passerait à l'intérieur du sommet d'un des piliers ou arbre de grue au sommet de l'autre, quoique à certains endroits elle serait plus près de l'intérieur et à d'autres plus près de l'extérieur de l'arc ; en effet, dans l'arbalétrier de 6 pieds de hauteur, elle passe à environ 2 pieds du bord à la naissance et à environs 1/4 de la distance au sommet de l'arbalétrier. Avec la charge indiquée par M. Barlow, l'effort à la naissance est d'environ 155 tonnes, et au sommet d'environ 104 tonnes. La ligne de pression de l'arc passerait en dehors des pieds des piliers de façon qu'on n'aurait pas pu les faire simplement de parties de l'arc proprement dit, sous peine de les mettre en porte à-faux, puisqu'elles eussent été en dehors de la ligne de pression.

Comme on a fait allusion au comble de la gare de Birmingham, ainsi qu'au prix des autres combles, il croit pouvoir faire remarquer que, quoique la portée du comble de la gare de New-Street à Birmingham ait 28 pieds de moins que celui de la gare de Saint-Pancras, il a encore l'aire totale la plus grande et est encore le plus grand comble du monde. Son prix est tellement en dessous de celui de plusieurs autres semblables, qu'il pensa utile de rechercher pourquoi il en était ainsi. Le prix compris tous extras et travail en général n'était que de 17 livres 15 sh. 1 d. par yard carré, y compris deux pignons fermés.

Les entrepreneurs qui concoururent pour le comble de la gare de Birmingham furent laissés libres de dire le projet qu'ils jugeaient convenable, le plan du terrain étant seul donné, on pensait d'ailleurs que le prix devait être très-bas. Cependant quand on vit que les rails couraient parallèlement seulement au milieu de la gare, laissant place pour un ou plusieurs rangs de colonnes, mais qu'à chaque extrémité ils formaient un éventail de deux ou trois voies et qu'à chaque extrémité tout le terrain était sillonné de machines et de trains, qu'il était impossible d'y mettre des colonnes, on considéra que les extrémités de la gare devant

tant d'un comble hardi, plus grand que tous ceux essayés jusqu'alors, mais qu'il fallait une économie rigoureuse dans toute la construction. L'arc lui-même n'avait que deux lignes de rivets, donc le travail fut très-économique, les fers d'angle (cornières) furent à branches inégales afin de fournir des ailes à grande projection. L'élévation de l'arbalétrier étant modérée et la hauteur de l'arc suffisante, une véritable chaînette d'efforts passait par lui et ne déviait que peu de la ligne centrale, et comme le treillis était léger, et que la plus grande partie du métal fut disposée en grands fers cornières à ailes inégales, l'arbalétrier, vu son poids, était très-raide à la compression et fut conséquemment très-économique. L'arbalétrier garda sa forme verticale grâce aux diagonales allant de lui au tirant et aux supports ; l'alignement fut conservé horizontalement par les pannes et le contreventements de façon qu'ils ne pouvaient fléchir ni porter à faux, si ce n'est en cédant par compression entre deux supports. Les tirants furent plus économiques pour leur travail qu'ils ne le sont généralement. La couverture fut faite en tôle ondulée par économie. Si elle eût été composée de bois et d'ardoises, il eût fallu compter plusieurs shellings en plus par yard carré et le poids des pannes et des fermes eût été plutôt plus considérable.

Un élément de dépense motivé par un grand désavantage du comble de Birmingham provient de ce qu'il faisait la pointe, et non-seulement une pointe, mais deux pointes différentes. Néanmoins la disposition adoptée dans le comble de la gare de Tithebarn-Street, à Liverpool, où il y avait plus de seize cents dimensions, fut employée pour ce comble où se trouvaient deux mille cent soixante-quatre dimensions. Les fermes étaient toutes semblables quoique de portées différentes. Lorsque la plus grande et la plus petite ferme d'une travée aiguë fut tracée, on décida d'adopter les dimensions les plus grandes et les plus petites d'une quelconque des portées, en divisant la différence par le nombre de baies ou de fermes afin de trouver la portée de chaque ferme. Ce mode de procéder ne répond pas à la circonstance à moins que les fermes ne soient semblables. La moindre variation dans les angles, ou la moindre tentative pour conserver le niveau du sommet, etc., sont fatales à la disposition. Lorsque ce plan fut adopté, on dut faire un tableau complet de toutes les dimensions et une copie de toutes les dimensions de chacune des parties dut être dressée pour les ouvriers élevant chacune des parties ; chaque partie dut être poinçonnée scrupuleusement du numéro de la

ferme à laquelle il appartenait. De cette façon on ne rencontre aucune difficulté, et il s'ensuit un faible excès de dépense, quoique les diverses parties d'une ferme ne puissent servir à aucune autre. Une des fermes du comble fut éprouvée à 40 livres par pied carré en plus de son propre poids ; de plus la moitié, puis les 3/4 de cette charge, furent successivement enlevés d'un côté, afin d'exagérer les effets d'une pression semblable à celle qui proviendrait d'une bourrasque agissant sur le côté. Ce comble a supporté, depuis son érection, le poids de deux pieds de neige environ.

M. Barlow, en réponse à la discussion, attire l'attention sur la position de la ligne de pression par rapport aux naissances. M. Grover établit que la ligne de pression, avec une inclinaison de 55°, sortirait de la construction, mais M. Grover avait oublié de tenir compte du poids du mur dont l'effort est de faire rentrer antérieurement la ligne de pression, de sorte qu'en fait, la courbe de pression est réellement ramenée vers le centre du pilier. On avait dit, avec raison, que la maçonnerie et l'ouvrage en fer, liés ensemble par les boulons de fondation, agissaient comme une culée au point où commence la naissance de l'arc. On avait objecté que si l'on devait placer un tirant supportant une pression de 3 tonnes 1/2 au prix de 18 livres par tonne, le prix final eût été plus considérable, mais ici le tirant existait déjà et donna naissance par sa présence au comble même. Il supporte un certain effort de tension, mais il considère qu'en conséquence des dispositions, l'effort sur le tirant est réellement très-faible.

Quant à la peinture de la ferme, il n'a qu'une chose à dire, c'est qu'il a choisi la couleur qui pût souffrir le moins de la saleté provenant de la fumée des locomotives. Il est véritable qu'il y a excès de force au sommet du comble, si l'on ne tient compte que des efforts verticaux qu'il supporte ; mais lorsque l'action latérale d'un comble de cette nature, qui n'est pas lié par des tirants, entre en ligne de compte, on voit qu'il y a danger à ce qu'il se déforme, et qu'à cet égard il y a non-seulement avantage à avoir de la force au sommet, mais en outre cela évite l'introduction de plusieurs calibres de fers laminés. Le colonel Rich avait critiqué la manière dont on a repris les butées en sous-œuvre. Néanmoins il pense avoir employé à cet égard le meilleur procédé. Le large patin fut assis à sa place d'un seul coup. Il fut calé par des charpentes, ajusté, puis la maçonnerie fut montée jusqu'à lui en briques bleues posées au ciment. Il fut conduit à employer ce procédé, parce qu'il avait réussi pour

les plaques d'ancrage du pont suspendu de Clifton, où il avait eu à lutter contre un effort plus considérable que tous ceux qu'il avait rencontrés jusqu'alors, et qu'il rencontrera probablement jamais. L'arc fut enlevé de la culée, la plaque d'ancrage mise en place et l'ouvrage élevé en brique bleue et ciment. Le résultat fut d'une stabilité parfaite quel que fût l'effort à supporter par les plaques. Il rencontra le même résultat à Saint-Pancras et selon lui la reprise en sous-œuvre, comme on la nomme, est le meilleur moyen de construire une assiette solide pour un grand socle métallique.

M. Vignoles, Président, dit que le seul point sur lequel il voulait dire un mot avait rapport à ce que l'on nomme le *tirant*. Pratiquement il ne peut y avoir aucun effort; car, indépendamment de la construction particulière, il est supporté en un très-grand nonbre de points qui, par eux-mêmes, divisent les efforts, s'il y en a, et ceux-ci, théoriquement, seraient moindres qu'on ne les suppose.

NOTE

SUR LES

SOCIÉTÉS COOPÉRATIVES EN ANGLETERRE

PAR ÉDOUARD SIMON.

Les sociétés coopératives, en Angleterre, bien qu'admettant le concours de tous les capitaux, doivent être considérées comme des associations ouvrières de production; certaines dispositions inscrites dans les statuts de ces compagnies le prouvent avec évidence. Il suffit d'indiquer la modicité de chaque action ou part, qui peut être possédée en commun par plusieurs titulaires et dont le montant n'est versé que par fractions réduites, par périodes généralement éloignées, puis les précautions prises pour empêcher la dépossession des titulaires en cas de non-payement pour cause de maladie ou de misère.

Ces associations diffèrent essentiellement des *Trades-Unions* ou unions de métiers, constituées de longue date en vue de la discussion des salaires et de l'organisation des grèves si fréquentes et parfois si longues chez nos voisins, mais elles en sont, pour ainsi parler, l'émanation moderne.

La grève est une arme désastreuse qui nuit aux deux parties en présence et augmente les scissions entre patrons et ouvriers; c'est la lutte avec toutes ses conséquences funestes. L'association substitue aux résistances passives et irréfléchies, aux conseils passionnés de quelques chefs la responsabilité de chacun, la volonté individuelle. L'esprit pratique des ouvriers anglais ne s'y est pas trompé, et, sans abandonner leur organisation primitive, nombre de membres des Trades-Unions sont devenus les souscripteurs des nouvelles compagnies anonymes à responsabilité limitée. Si, par une extension, qui serait certes extraordinaire mais que l'esprit ne se refuse pas à admettre, en présence du développement actuel des sociétés coopératives en Angleterre, l'industrie du Royaume-Uni se trouvait, un jour, concentrée entre les mains de ces sociétés, la grève deviendrait un non-sens : la plupart des ouvriers seraient porteurs d'actions dans leurs propres établissements.

Ce résultat est loin d'être obtenu, peut-être ne le sera-t-il jamais; toutefois il ne faut pas juger de l'avenir des associations en Angleterre d'après les essais tentés sur le continent.

Il existait, au mois de juin dernier, à Manchester et dans les districts environnants, Oldham, Middleton, Heywood, Bury, Ashton, Stalybridge, Mossley, Rochdale, etc., pour le coton seulement, quatre-vingt-dix-sept établissements montés par actions et en activité; dix-neuf usines étaient en construction. Sur ces cent seize manufactures, quatre-vingt-quatre avaient émis des actions de cinq livres (125 francs); quatorze étaient constituées au moyen de parts de dix livres (250 francs). Les appels de fonds s'effectuant par fractions souvent inférieures à une livre anglaise, on voit, comme nous l'avons observé au début, que les associations dont il s'agit se sont proposé d'être, pour la plupart, d'un accès facile aux bourses les plus humbles. En outre, les femmes et les enfants ont le droit de posséder une ou plusieurs parts. Cette faculté constitue un puissant stimulant. Lors d'un récent voyage en Angleterre, nous avons été frappé de la physionomie particulièrement active des établissements où le système dit coopératif se trouve appliqué. Dans certaines filatures, des jeunes filles de douze à quatorze ans possèdent déjà quelques actions.

Le développement considérable des nouvelles sociétés, leur succès dans l'industrie du coton, notamment, reposent sur plusieurs causes : les unes générales, inhérentes à l'organisation du commerce anglais, les autres spéciales aux associations coopératives.

Le filateur, en Angleterre, n'est pas obligé, comme en France, de faire de longs et coûteux approvisionnements de matières premières. Il possède à Liverpool le plus grand marché du monde et vient y puiser les cotons dont il a besoin presque au jour le jour. Vingt-quatre heures après l'achat, grâce à la rapidité et à la multiplicité des moyens de transport, la matière est mise en œuvre dans les ateliers de Manchester ou des environs. La spécialisation, qui résulte de débouchés exceptionnels, permet aussi à l'industriel anglais de ne produire qu'un ou deux articles exclusivement, par suite, de simplifier les rouages de son exploitation; enfin, moyennant une commission, le filateur n'a pas à s'occuper du placement de ses filés. Ces conditions de prospérité sont communes à toutes les manufactures, quelle qu'en soit l'organisation financière, mais il existe un autre avantage en faveur des sociétés coopératives. Les compagnies dites *limited*, parce que la responsabilité

de chaque actionnaire se borne au capital souscrit par lui, peuvent emprunter sous forme d'obligations des sommes dont le total s'élève parfois au double du capital-actions. Comme les intérêts servis aux obligataires varient de 5 à 6 pour 100 l'an, il en résulte qu'un premier bénéfice est constitué au profit des actionnaires par la différence entre le taux d'intérêt et le rapport des sommes engagées dans l'entreprise. La combinaison est facilement réalisable en Angleterre, où les capitaux se portent volontiers vers l'industrie; elle suffit à expliquer comment durant les années prospères les sociétés coopératives distribuent des dividendes s'élevant à 30 pour 100 et au delà. Il n'est pas nécessaire pour cela d'imaginer, comme certains détracteurs le laissaient entendre d'abord, que les nouvelles compagnies prennent sur leur propre capital pour donner des dividendes fictifs et allécher la spéculation.

Est-ce à dire que la médaille n'ait point de revers et que les sociétés coopératives ne présentent pas de prise à la critique? Non, sans doute, et dans ces associations comme dans toute affaire industrielle et commerciale, le choix des administrateurs, les conditions d'établissement et de production exercent une grande influence sur le succès ultérieur de l'entreprise. Aussi, parmi les quatre-vingt-dix-huit établissements que nous avons indiqués plus haut comme ayant émis des parts soit de cinq, soit de dix livres, dix usines n'ont donné aucun dividende pendant le dernier trimestre, tandis que les autres fournissaient des dividendes élevés. Quelques compagnies, fondées sur le même principe pour l'exploitation de houillères, ont acheté à un prix trop élevé les mines qu'elles voulaient se réserver.

Ces exemples isolés n'infirment pas les avantages de l'association. Les sociétés coopératives montrent ce que peuvent l'esprit d'initiative et la liberté; elles feront plus peut-être pour détruire dans la Grande-Bretagne le préjugé du droit d'aînesse que tous les raisonnements contraires aux majorats. Comment prétendre, en effet, que le maintien du droit d'aînesse est indispensable à la conservation de la grande industrie, lorsque la réunion des capitaux les plus modestes atteint par l'importance du nombre aux mêmes résultats?

Afin de mieux faire saisir l'organisation des sociétés coopératives anglaises, nous avons traduit ci-après les statuts d'une compagnie récemment constituée, qui, par conséquent, renferment les dispositions reconnues les meilleures par les jurisconsultes spéciaux.

STATUTS

DE LA

*** SPINNING COMPANY LIMITED.

Il a été convenu ce qui suit :

Préliminaires.

1. — Dans ces statuts (à moins que le texte ne contienne quelque article contraire à l'interprétation suivante) les mots impliquant le singulier seulement comprendront le pluriel, et les mots impliquant seulement le pluriel comprendront le singulier; les mots impliquant seulement le genre masculin comprendront le féminin; les mots se rapportant à des parts s'entendront d'une part, et les mots se rapportant à une part s'appliqueront par extension à des parts; le mot *Board* signifiera une réunion générale des administrateurs; les mots se référant à des individus seront applicables à des corporations et à des Sociétés; et à l'égard des Assemblées, le mot *générale* visera une assemblée ordinaire, les mots *spéciale* et *générale* viseront une Assemblée extraordinaire; enfin le mot *article* s'entendra des articles d'association ou statuts.

Règlement.

2. — Le règlement contenu dans le tableau A de la première cédule de « *The Companies' Act*, 1862 » ne sera pas appliqué à la Compagnie, et les statuts relatés ici y seront substitués.

3. — Sera considérée comme membre toute personne qui aura accepté une action ou plus, et l'aura certifié, soit en écrivant de sa main à la Compagnie, soit en effectuant quelque versement à valoir sur ces actions.

Membres.

4. — Les souscriptions à des actions doivent être reçues à l'époque et à l'endroit prescrits par les administrateurs. Plusieurs personnes peuvent être inscrites comme propriétaires en commun d'actions; l'une quelconque

de ces personnes est responsable de la somme due sur lesdites actions, et peut donner des reçus valables pour tout dividende afférent à ces actions. Les Compagnies, Clubs ou Sociétés prenant des actions dans la Compagnie auront autant de voix seulement qu'il a été prévu ci-après par l'article 18.

5. — La Compagnie aura toujours les premiers droits sur les actions de tout membre pour toutes dettes, responsabilités ou engagements de ce membre, que les actions soient possédées isolément ou conjointement avec d'autres personnes. Tout membre de l'association doit être muni d'un exemplaire des statuts et d'un livret de dépôt portant le sceau de la Compagnie et spécifiant les actions possédées, le montant des versements et aussi un certificat lorsque les actions sont complétement payées, moyennant une somme de un shilling. Si un livret de dépôt est hors d'usage ou perdu, il peut être renouvelé moyennant une somme n'excédant pas un shilling.

6. — Aucun membre ne peut prendre part à une assemblée de la Compagnie s'il n'est possesseur d'une action depuis un mois (à l'exception des souscripteurs originaires) à moins que de telles actions aient été acquises ou reçues par legs, ou par mariage, ou par héritage de biens *ab intestat*, ou par quelque acte de succession après la mort d'un titulaire viager de ces actions.

Assemblées générales.

7. — La première Assemblée générale doit avoir lieu dans les quatre mois de l'établissement de la Compagnie, et à l'endroit déterminé par les Administrateurs.

8. — Les Assemblées générales de la Compagnie seront tenues quatre fois l'an, dans les mois de janvier, avril, juillet et octobre. Tous les comptes doivent être arrêtés le dernier jour des mois de mars, juin, septembre et décembre.

9. — Le Conseil (Board) d'administration choisira son Président pour une période n'excédant pas un an; le même présidera les Assemblées de la Compagnie. Si le Président n'est pas présent au moment de l'Assemblée, les Membres présents en choisissent un parmi les administrateurs qui assistent à la réunion; si tous les administrateurs sont absents, les membres présents choisissent un des leurs pour être Président. Le Président doit signer les résolutions votées par l'Assemblée qu'il préside,

10. — Aucune affaire ne peut être traitée dans une Assemblée générale de la Compagnie, si, au début de la réunion, on compte moinsde vingt membres présents, sauf en ce qui concerne le compte de balance, la déclaration d'un dividende, ou l'élection d'administrateurs. Une fois la séance ouverte en présence d'un nombre suffisant de membres, l'Assemblée peut valablement délibérer quand bien même le nombre des présents se réduirait à un chiffre inférieur.

11. — Le Président peut, avec le consentement de l'Assemblée, remettre une réunion à un autre temps et à un autre lieu, mais il ne doit pas être

question dans l'Assemblée nouvelle d'autres affaires que de celles demeurées en suspens lors de l'ajournement.

12. — Le Conseil d'administration peut, lorsqu'il le juge convenable (et il le doit sur la demande écrite d'au moins vingt membres), convoquer une Assemblée générale extraordinaire de la Compagnie; toute demande émanant ainsi des sociétaires doit indiquer l'objet de l'Assemblée dont on réclame la convocation, et doit être enregistrée dans les archives de la Compagnie.

13. — Au reçu d'une semblable requête, le Conseil d'administration doit procéder immédiatement à la convocation d'une Assemblée générale extraordinaire de la Compagnie. S'il ne procède pas à la convocation dans les vingt et un jours qui suivent le dépôt de la requête, les auteurs de la demande, ou tous autres membres en nombre voulu, peuvent convoquer directement une Assemblée générale extraordinaire.

14. — Si une heure après le temps fixé pour l'Assemblée le nombre requis d'actionnaires n'est pas présent, l'Assemblée, si elle a été convoquée à la requête des actionnaires, doit être dissoute; dans tout autre cas elle doit s'ajourner à tel moment et à tel endroit que peuvent décider les membres présents.

15. — Sept jours à l'avance, au moins, un avis indiquant le lieu, le jour et l'heure de l'Assemblée, et (dans le cas d'une affaire spéciale), la nature générale de cette affaire, doit être expédié à l'adresse de tout membre dont le domicile se trouve dans le Royaume-Uni, ou de toute autre manière (s'il y en a) que peut prescrire la Compagnie dans une Assemblée générale, mais la non-réception d'un semblable avis de la part de quelque membre ne peut invalider les actes d'une Assemblée.

16. — Dans une Assemblée générale, à moins que le scrutin ne soit demandé par le tiers, au moins, des membres présents, la déclaration du Président annonçant qu'une résolution a été prise et qu'il en sera fait mention dans le registre des procès-verbaux de la Compagnie, fournira une preuve suffisante du fait sans qu'il soit nécessaire de donner le nombre ou la proportion des votes en faveur ou contre la résolution.

17. — Si un scrutin est demandé, ainsi qu'il vient d'être dit, on doit y procéder au moment et comme l'indique le Président, et le résultat doit être considéré comme la décision de la Compagnie en Assemblée générale.

Votes des Membres.

18. — Dans toute Assemblée générale, chaque actionnaire ou représentant d'actions, ne doit avoir qu'une voix; si un scrutin est demandé, il a une voix pour une action et ensuite autant de voix que de dizaines additionnelles d'actions jusqu'à cent. Mais aucun membre n'a droit à plus de dix voix en totalité sur la ou les questions pour lesquelles un scrutin est réclamé. Les voix étant égales dans toute Assemblée, le Président doit avoir, outre sa voix comme membre de la Compagnie, la voix prépondérante.

19. — Si une ou plusieurs personnes sont conjointement titulaires d'ac-

tions de la la Compagnie, celle dont le nom est inscrit le premier sur le registre des membres comme l'un des détenteurs de ces actions, est autorisée à voter au nom de tous, et pas une autre.

20. — Aucun membre n'est appelé à voter dans une Assemblée s'il n'a effectué tous les versements dus par lui.

21. — Si un membre devient fou ou idiot, il peut encore voter par l'intermédiaire de son tuteur ou curateur; et, si un membre est mineur, sa voix peut revenir à ses parents ou à l'un de ses administrateurs, tuteurs ou curateurs, mais une seule personne peut agir ou assister en son nom à une Assemblée de la Compagnie. Les mineurs ne peuvent prendre part aux Assemblées de la Compagnie.

Pouvoirs des Administrateurs.

22. — Les premiers administrateurs de la Compagnie seront : A, B, C, D, E, F, G.

23. — Le Conseil des administrateurs (composé de sept au plus, de cinq au moins) a la conduite générale et le contrôle des affaires de la Compagnie; il exerce tous pouvoirs qui n'incombent pas, soit par acte du Parlement, soit par les statuts à la Compagnie réunie en Assemblée générale; il reste soumis aux règles établies par ces statuts et à telles résolutions ultérieures qui ne seraient pas contradictoires avec lesdits statuts ou l'acte ci-dessus indiqué, et qui seraient prises ou ordonnées par la Compagnie en Assemblée générale.

24. — Le Conseil choisit le Directeur et tous autres agents employés pour les affaires de la Compagnie, et détermine pour lui, ou pour eux, la rémunération qui lui paraît équitable et raisonnable; il peut suspendre ou renvoyer le directeur ou les autres employés. Le Directeur et les employés, pour le temps qu'ils doivent, sont, en toutes choses, soumis à la surintendance et au contrôle du Conseil; ils n'ont pas autorité en dehors de celle qui leur est expressément conférée par le Conseil d'administration.

25. — Le Conseil d'administration a pouvoir (avec la sanction de la Compagnie donnée en Assemblée générale), d'étendre les locations de terrain et de bâtiments, d'augmenter le matériel, de donner à loyer avec ou sans force motrice dans les établissements, constructions et locaux de la Compagnie, soit d'année en année, soit par bail n'excédant pas vingt et un ans, dans les termes et conditions qui seront jugés raisonnables.

26. — Le Conseil d'administration a pouvoir d'emprunter ou de prêter, à tel taux d'intérêt qu'il juge convenable, une ou des sommes d'argent sous forme d'obligations, ou de bons, de billets, lettres, ou autres garanties, ou (avec la sanction de la Compagnie donnée en Assemblée générale) sur hypothèque de tout ou partie de ses terrains, usines, constructions, bâtiments; ou par hypothèque, ou nantissement sur tout ou partie du matériel, ou autres objets de la Compagnie; et à cet effet le Conseil a droit de consentir telle hypothèque ou nantissement, tels pouvoirs de vente et de bail et autres

créanciers hypothécaires.

27. — Le Conseil d'administration peut (avec la sanction de la Compagnie donnée en Assemblée générale) acheter ou louer par bail des biens-fonds, les vendre ou les donner à bail, construire des usines, des *cottages* ou autres immeubles, acquérir des machines; et les produits qui en résultent doivent être portés au compte du capital de la Compagnie dont ils constituent une partie.

28. — Le Conseil d'administration détient un sceau portant le nom de la Compagnie et telle devise ou dessin approuvé par ledit Conseil; ce sceau est commun à la Compagnie, il est à la garde des administrateurs qui le déposent en lieu sûr dans le bureau de la Compagnie; il n'en est fait usage qu'avec l'autorisation du Conseil et en présence de trois administrateurs au moins; aucun acte ou pièce portant le sceau de la Compagnie ne peut avoir d'effet s'il n'est également signé par trois personnes choisies dans ce but par le Conseil d'administration.

29. — Toute personne qui reçoit une obligation, un bon, un billet, une lettre, une hypothèque ou garantie pour espèces, ou bien à laquelle ou avec laquelle il peut être fait une vente, un échange, un bail par la Compagnie, n'a pas à s'inquiéter si la sanction de la Compagnie a été donnée dans la forme sus-indiquée, ni à se préoccuper de la convenance, de la régularité ou correction de la transaction; et ladite personne ne peut être touchée par un avis tacite ou formel de la régularité ou de l'irrégularité de l'acte en question.

30. — Le Conseil d'administration peut (avec la sanction de la Compagnie donnée en Assemblée générale) instituer, diriger et compromettre, ou abandonner, comme il le juge convenable, toute procédure légale ou de justice se rapportant aux propriétés, commerce ou affaires de la Compagnie, il peut suivre tous débats entre la Compagnie et autre ou autres, décider, composer ou abandonner pour toute créance due à la Compagnie, ou accorder du temps pour le payement de cette créance, soit avec, soit sans nantissement.

Roulement des Administrateurs.

31. — A l'Assemblée ordinaire d'août 1874, ledit A devra se retirer du Conseil; à l'Assemblée ordinaire de novembre 1874, ledit B; puis ledit C, à l'Assemblée ordinaire de février 1875; ledit D, à l'Assemblée ordinaire de mai 1875; ledit E, à l'Assemblée ordinaire d'août 1875; ledit F, à l'Assemblée ordinaire de novembre 1875, et, enfin, ledit G, à l'Assemblée ordinaire de février 1876. A chaque Assemblée ordinaire subséquente, l'administrateur le plus ancien se retirera.

32. — Si dans une Assemblée trimestrielle ordinaire, ou dans une Assemblée extraordinaire, où l'on doit procéder à l'élection d'un administrateur, il n'y a pas de résultat, l'Assemblée s'ajourne suivant la décision des mem-

bres présents ; et si dans l'Assemblée ajournée le scrutin ne donne encore pas de résultat, de nouveaux ajournements sont pris jusqu'à ce que des administrateurs soient élus, les premiers administrateurs continuant leurs fonctions jusqu'à ce que d'autres soient élus en leur place.

33. — En cas de vacance accidentelle dans le Conseil d'administration, il peut y être pourvu par l'Assemblée générale trimestrielle la plus rapprochée, mais toute personne choisie dans ces conditions ne peut demeurer en fonctions plus longtemps que ne l'eût fait l'administrateur à remplacer, s'il n'y avait eu vacance. La rémunération du Conseil d'administration est fixée par une Assemblée générale de la Compagnie, et répartie entre les administrateurs en proportion des jours de présence.

34. — Un administrateur, dont les fonctions sont expirées, si, d'ailleurs, il est dans les conditions voulues, est immédiatement rééligible.

Fonctions des Administrateurs.

35 — Les administrateurs peuvent se réunir pour l'expédition des affaires, s'ajourner et, d'ailleurs fixer leurs réunions comme ils le jugent convenable, et déterminer le nombre d'entre eux qu'ils pensent nécessaire pour la transaction des affaires.

36. — Le Conseil peut se subdiviser en comités et déléguer partie de ses pouvoirs à ces comités. Tout comité de ce genre doit, dans l'exercice des pouvoirs qui lui sont délégués, se conformer aux règles qui lui sont imposées par le Conseil.

37. — Un comité peut se réunir et s'ajourner comme il le juge bon ; mais aucun comité n'a droit de dépenser les fonds de la Compagnie sans le consentement du Conseil d'administration.

38. — Tous actes émanant d'une réunion du Conseil d'administration ou d'un comité légalement constitué sont valables, quand bien même il serait ultérieurement reconnu quelque vice dans l'élection de l'un des administrateurs, ou que ces administrateurs ou l'un d'eux serait disqualifié, tout aussi bien que si l'élection avait été légalement faite ou que l'administrateur eût eu qualité pour administrer.

39. — Le Conseil d'administration doit faire tenir note dans des registres spéciaux à cet usage, de tous appointements d'employés fixés par lui, des noms des administrateurs présents à chaque réunion du Conseil ; de tous ordres donnés par le Conseil, et de toutes résolutions et de tous actes du Conseil, et des Assemblées de la Compagnie ; les minutes de ces procès-verbaux dressées, comme il vient d'être dit, signées par toute personne présidant la réunion du Conseil d'administration ou l'Assemblée de la Compagnie, font foi en justice sans autre preuve.

40. — Les fonctions d'administrateur doivent être résiliées, si le titulaire ne possède pas dans la Compagnie un capital-actions de vingt-cinq livres, s'il fait banqueroute, ou s'il devient insolvable, ou s'il signe un arrange-



contrat avec la Compagnie.

41. — A la clause précédente il faut faire l'exception ci-après : un administrateur n'est pas tenu de donner sa démission par la raison qu'il est membre d'une Compagnie qui a conclu des marchés avec, ou donné à travailler à la Compagnie dont il est un des administrateurs; toutefois, il ne doit pas prendre part aux votes qui concernent ce contrat ou ce travail; et, s'il le fait, son vote ne doit pas être compté, et il doit être disqualifié pour avoir agi comme administrateur. Aucun représentant ou propriétaire partiel d'actions ne peut être administrateur.

42. — La Compagnie, en Assemblée générale, peut destituer un administrateur avant l'expiration de son mandat, pourvu que ledit administrateur et le Conseil d'administration aient été avisés du motif et du moment fixé pour la demande en destitution, sept jours avant ladite Assemblée. Si une destitution a lieu, les membres présents doivent élire une autre personne ayant qualité; celle-ci ne doit exercer ses fonctions que pour le temps qui restait à l'administrateur dont il prend la place.

Appels de fonds.

43. — Pour toute souscription d'actions de la Compagnie, il y a à effectuer de la manière et entre les mains de qui l'indiquent les administrateurs, un dépôt de un shilling par action souscrite; puis dans les vingt et un jours qui suivent la lettre de répartition, il y a encore à payer de la manière et entre les mains de qui l'indiquent les administrateurs un à-compte de deux shillings et six pence par action, mais s'il a été attribué un nombre de parts moindre que la souscription, la somme payée en souscrivant excède un shilling par action (sur le nombre d'actions attribuées au souscripteur), et est appliquée au paiement partiel de répartition.

44. — Les administrateurs peuvent de temps à autre faire aux membres de la Compagnie, à l'égard de leurs actions, tels appels qu'ils jugent convenable, pourvu qu'il en soit donné avis à chaque actionnaire vingt et un jours au moins à l'avance; chaque membre de la Compagnie est tenu d'effectuer les versements ainsi demandés entre les mains des personnes désignées par la Compagnie, à l'époque et au lieu indiqués; ces appels de fonds peuvent être décidés par le Conseil d'administration.

45. — Si avant le jour fixé pour le versement, ou le jour même, un membre ne paie pas le montant d'un appel dont il est responsable, il doit l'intérêt déterminé par le Conseil d'administration, pas moins de cinq, pas plus de dix pour cent par année, à partir du jour fixé pour le versement, jusqu'au moment de son exonération; les administrateurs peuvent s'ils le jugent utile, attribuer aux sommes versées par anticipation un intérêt dont le taux est à débattre avec le membre qui devance ainsi l'époque de payement.

46. — La Compagnie peut, en outre, si elle le juge utile, recevoir des

actionnaires qui désirent verser par avance, tout ou partie des sommes dues sur leurs parts respectives, en dehors des sommes actuellement appelées; l'argent ainsi versé par avance reçoit de la Compagnie un intérêt dont le taux est de cinq pour cent l'an.

Transmission d'Actions.

47. — Les livres de transfert sont clos durant les quatorze jours qui précèdent les Assemblées générales trimestrielles.

48. — Les exécuteurs ou administrateurs d'un membre décédé sont les seules personnes reconnues par la Compagnie comme ayant droit à ses actions.

49. — Toute personne devenant titulaire d'une action par suite de décès, de banqueroute, d'insolvabilité d'un membre, ou par suite de mariage avec une femme déjà membre de la Compagnie, ou de toute autre manière que par transfert, peut être inscrite comme membre, en payant un shilling, sur la production d'un témoignage que la Compagnie est en droit de réclamer de temps à autre.

50. — L'acte de transfert est présenté à la Compagnie accompagné des témoignages que les administrateurs sont en droit de réclamer pour prouver le titre du cédant, et la Compagnie inscrit alors le cessionnaire parmi ses membres. La Compagnie est en droit de refuser l'enregistrement d'un transfert d'actions sur lesquelles il lui est dû. Aucune action ne doit être transférée jusqu'à ce que tous les versements appelés sur cette action aient été effectués.

51. — Il est payé pour l'enregistrement d'un transfert ou transmission de plus de cinq actions une somme de deux shillings et six pence par transfert, et au-dessous de six actions la somme de six pence par action.

Déchéance, Confiscation d'Actions.

52. — Si un membre n'effectue pas un versement dû au jour indiqué, le Conseil d'administration est toujours en droit, aussi longtemps que les versements restent impayés, de lui adresser une invitation à payer.

53. — L'avis indique le jour et l'endroit où les versements doivent être effectués; il porte aussi qu'en cas de non-paiement, à l'époque et au lieu désignés, les actions, à l'égard desquelles il a été fait un appel, sont passibles de confiscation; toutefois si le non-paiement tient à la maladie ou à la misère du détenteur, le Conseil d'administration a les pouvoirs nécessaires pour surseoir à la confiscation, mais il n'y est pas obligé.

54. — S'il n'est pas fait droit aux demandes notifiées, comme il vient d'être dit, toute action à l'égard de laquelle il a été donné un tel avis peut être confisquée par décision des administrateurs. Toute action ainsi confisquée devient la propriété de la Compagnie qui en dispose comme elle l'entend.

Augmentation de Capital.

55. — La Compagnie a le droit, par une résolution prise en Assemblée générale, d'augmenter son capital à diverses époques.

56. — Cette augmentation de capital peut résulter de la création de nouvelles actions; dans ce cas, le capital accru est considéré comme partie du capital originaire et se trouve soumis aux mêmes dispositions à tous égards, soit en ce qui concerne les versements, ou les déchéances de titres en cas de non-paiements, ou autrement. Mais toutes nouvelles actions créées comme il est dit ci-dessus, doivent être d'abord offertes aux actionnaires actuels en proportion du nombre de leur parts respectives.

Dividendes.

57. — Le Conseil d'administration fixe, avec l'assentiment de la Compagnie en Assemblée générale, le chiffre des dividendes à payer aux actionnaires proportionnellement au nombre de leurs titres. Aucun dividende ne peut être prélevé autrement que sur les bénéfices résultant de l'entreprise de la Compagnie.

58. — Les administrateurs peuvent, avant de proposer un dividende, prélever sur les bénéfices de la Compagnie telle somme qu'ils jugent à propos comme fonds de réserve pour parer à l'imprévu, ou pour égaliser les dividendes, ou pour réparer, conserver, rétablir ou renouveler les constructions, ateliers, machines, ou autres biens de la Compagnie, ou partie de ces biens, ou pour liquider toute hypothèque ou autre dette, et les administrateurs peuvent employer la somme ainsi mise à part comme fonds de réserve à la liquidation de toute dette de la Compagnie, ou la placer avec telles garanties qu'ils sont à même de prendre.

59. — Le Conseil d'administration doit déduire des dividendes payables à un actionnaire toutes sommes qui peuvent être dues par lui à la Compagnie en compte de versements. Les dividendes, s'il y en a, peuvent être déclarés tous les trois mois, ou à telle autre époque indiquée par une Assemblée générale.

Comptes.

60. — Le Conseil d'administration prend un ou plusieurs employés qui tiennent un compte exact des fonds de roulement de la Compagnie, des sommes reçues et payées par la Compagnie, et des articles qui motivent ces recettes et ces dépenses, ainsi que des crédits et des engagements de la Compagnie. Lesdits comptes doivent être dressés sur les bases et de la manière déterminées par les administrateurs.

61. — Les livres de la comptabilité doivent être gardés dans le bureau principal de la Compagnie, pour en permettre l'inspection de la part des

actionnaires, avec les restrictions raisonnables de temps et de mode que les administrateurs sont autorisés à imposer. Quatre fois par an, au moins, le Conseil d'administration est tenu d'apporter à la Compagnie, en Assemblée générale, un état des revenus et des dépenses du trimestre écoulé.

62. — L'état ainsi dressé doit montrer, d'après les dispositions les plus commodes, la somme totale du revenu, en en distinguant les diverses sources, et la somme totale des dépenses, en distinguant les frais d'établissement, de salaires et autres semblables matières. Chaque article de dépense exactement imputable doit être porté en compte, vis-à-vis le revenu du trimestre, de manière à présenter à l'Assemblée une juste balance de profits et pertes; et dans le cas où quelques articles de dépense pouvant être justement répartis sur plusieurs trimestres, se trouveraient dans un trimestre déterminé, la somme totale de ces articles serait établie, avec la mention des motifs pour lesquels une partie seulement de ces dépenses est portée en balance du revenu trimestriel.

63. — Une feuille de balance doit être établie et imprimée tous les trois mois, et placée sous les yeux de l'Assemblée générale de la Compagnie : cette feuille doit contenir un état sommaire de l'actif et du passif de la Compagnie. Une copie de cette balance est envoyée à chacun des membres de la Compagnie sept jours avant l'Assemblée.

Commissaires.

64. — Les comptes de la Compagnie sont examinés par deux commissaires, dont l'élection se fait en Assemblée générale. La rémunération des commissaires est fixée à l'époque de leur entrée en fonctions. Tout commissaire est rééligible à l'expiration de son mandat. S'il survient accidentellement une vacance parmi les commissaires, le Conseil en choisit immédiatement un autre, jusqu'à l'Assemblée générale la plus proche.

65. — Chaque commissaire reçoit une copie de la feuille de balance et doit l'examiner en se reportant aux divers comptes et pièces à l'appui. Chaque commissaire a entre les mains une liste de tous les livres de la Compagnie et peut prendre connaissance à tout moment raisonnable des livres et comptes de la Compagnie; il a, en outre, le droit d'interroger, pour ce qui a rapport à ces comptes, les administrateurs et autres employés de la Compagnie.

66. — Les commissaires font un rapport à l'Assemblée sur la feuille de balance et les comptes, et dans chaque rapport ils doivent établir si dans leur opinion la balance est complète et loyale, contenant les points particuliers exigés par les statuts, et convenablement dressée de manière à fournir un aperçu vrai et correct de la situation de la Compagnie; et au cas où ils ont demandé des explications ou des informations aux administrateurs, si ces explications ou informations ont été fournies par les administrateurs, et si elles ont été satisfaisantes; et le rapport des commissaires doit être lu avec le rapport des administrateurs en Assemblée générale.

Significations.

67. — Les avertissements qui doivent être signifiés par la Compagnie aux membres de l'Association peuvent être signifiés personnellement ou par la remise de ces avertissements, ou l'envoi par la poste sous forme de lettres adressées au domicile enregistré. La signification provenant d'un membre doit être constatée par une copie laissée dans le bureau de la Compagnie.

68. — Toutes significations destinées aux membres de l'Association, doivent, à l'égard d'une action possédée conjointement par plusieurs titulaires, être données à celui d'entre eux qui est inscrit le premier sur le registre des titulaires; et l'avertissement ainsi donné est valable pour tous les propriétaires de ladite action. Chaque année il est dressé un tableau des comptes d'actionnaires et d'obligataires, avec leurs numéros, mais non pas avec leurs noms, et ce tableau est placé dans un endroit apparent des dépendances de la Compagnie.

Arbitrage.

69. — En cas de contestation, de discussion ou différend entre quelques-uns des membres individuellement à l'égard des biens, commerce ou affaires de la Compagnie, ou de quelque manière que ce soit s'y rapportant, il y aura lieu de recourir à l'intervention de deux arbitres, dont chaque partie désignera l'un (qu'il s'agisse d'une ou de plusieurs personnes en cause); ou de s'en rapporter à un tiers-arbitre désigné par les deux premiers, conformément aux dispositions de « *the Common Law Procedure Act*, 1854. »

NOTE

SUR LES

RESSORTS DE SUSPENSION

DES VÉHICULES DE CHEMIN DE FER

Par M. **REY**.

Les véhicules employés sur les chemins de fer, soit pour le transport des voyageurs, soit pour celui des marchandises, sont tous munis de ressorts de suspension, qui dans la grande majorité des cas sont des ressorts à lames étagées

Ces ressorts sont maintenus dans leur partie centrale par un étrier fixé à la boîte à graisse et leurs extrémités sont reliées au châssis du véhicule de manières très-différentes, mais qui cependant peuvent rentrer toutes dans les deux dispositions indiquées par les Fig. 1 et 2, Pl. 86, celle à menottes et celle à sellettes.

Dans la première disposition, la maîtresse-feuille des ressorts est terminée à chacune de ses extrémités par un enroulement formant œil; des pièces, appelées mains de suspension sont fixées au châssis et elles sont terminées aussi par un œil. Deux biellettes ou menottes et deux axes B et C, complètent l'assemblage qui permet aux extrémités des ressorts de se mouvoir lorsque ceux-ci subissent une modification de flèche.

Dans la seconde disposition, les extrémités de la maîtresse-feuille des ressorts reposent librement sur des pièces appelées sellettes, lesquelles sont fixées au châssis du véhicule. Quand les ressorts subissent une modification de flèche, leurs extrémités se déplacent en glissant sur les sellettes.

Les mains de suspension à menottes sont presque exclusivement employées pour les voitures à voyageurs et quelquefois pour les wagons;

les sellettes sont rarement appliquées aux voitures, mais elles sont d'un usage presque général, en France, pour les wagons.

Un ressort de suspension ne se trouve pas dans les mêmes conditions, et par conséquent ne se comporte pas de la même façon, quel que soit le mode adopté pour la liaison de ses extrémités au châssis du véhicule auquel il appartient, et le but de cette note est de faire ressortir l'influence de chacune des deux dispositions indiquées ci-dessus, sur la manière dont travaille le ressort.

Avec les sellettes transmettant directement à chacune des extrémités du ressort, sans l'interposition d'aucune autre pièce, la partie du poids du véhicule qui lui correspond, il est évident que le châssis s'abaisse ou se relève d'une quantité égale à celle dont se sont abaissées on relevées les extrémités du ressort; mais avec les menottes, il n'en est plus ainsi.

En effet, par suite de l'abaissement ou du relèvement des extrémités du ressort, l'inclinaison des menottes change et par conséquent la position relative des axes B et C n'est plus la même qu'avant la modification de flèche subie par le ressort. Il en résulte que l'axe inférieur C, celui qui passe dans l'œil de la main de suspension fixée d'une manière rigide au châssis, ne s'est pas déplacé d'une quantité égale à celle dont l'axe supérieur B, passant dans l'œil de la maîtresse-feuille du ressort, s'est élevé ou abaissé verticalement. La différence entre ces deux déplacements verticaux peut être positive, négative ou nulle; c'est ce que montrent les figures 3, 4 et 5 (Pl. 86.) dans lesquelles :

AB est la demi-longueur de la maîtresse-feuille du ressort,

BC la longueur des menottes,

BB'' l'abaissement vertical de l'axe B,

quand le ressort passe de la position ABC à celle $AB'C'$,

CC' l'abaissement vertical de l'axe C,

β l'angle des menottes avec l'horizon dans la position **ABC**, du ressort.

Dans la figure 3, où l'angle β est petit, en supposant que les menottes ont passé par la position intermédiaire $B''C''$ parallèle à BC pour arriver à la position finale $B'C'$, on voit que CC' est plus grand que $CC''=BB''$ d'une quantité égale à $C'C''$. *Donc, dans le cas où l'inclinaison des menottes sur l'horizon est faible, le châssis descend d'une quantité plus grande que celle dont s'abaissent les extrémités du ressort.*

Dans la figure 4, où l'angle β est grand, en suivant le même raisonnement que pour le cas précédent, on voit au contraire que la valeur de

CC' est plus petite que celle de $CC'' = BB''$ d'une quantité égale à $C'C''$. *Donc, dans le cas où l'inclinaison des menottes sur l'horison est grande, le châssis descend d'une quantité plus petite que celle dont s'abaissent les extrémités du ressort.*

Entre ces deux cas extrêmes s'en trouve un qui donne $CC' = BB''$, c'est-à-dire un abaissement égal du châssis et des extrémités du ressort.

Ce cas est représenté dans la figure 5, dans laquelle l'angle β est tel que la verticale passant par l'axe inférieur C des menottes coupe en deux parties égales la projection horizontale de la trajectoire BB' suivie par l'axe supérieur B.

L'examen des figures 3, 4 et 5 fait aussi ressortir ce fait que *l'abaissement* CC' *du châssis est plus grand que celui des extrémités du ressort quand les menottes sont inclinées dans le même sens par rapport à la verticale dans les deux positions extrêmes* BC *et* $B'C'$, *tandis qu'au contraire l'abaissement du châssis est égal ou inférieur à celui des extrémités du ressort toutes les fois que les menottes ne sont pas inclinées du même côté de la verticale dans les deux positions mentionnées ci-dessus.*

Or, dans la pratique des chemins de fer, les menottes sont toujours disposées de façon que leur inclinaison ne puisse pas changer de sens; on peut donc dire d'une manière générale que, *pour les véhicules de chemins de fer, le châssis descend toujours d'une quantité supérieure à celle dont s'abaissent les extrémités des ressorts quand ces derniers sont reliés au châssis par des menottes.*

La conséquence de ce fait, c'est que les menottes ont pour résultat de diminuer la flexibilité à donner aux ressorts de suspension; en effet, cette dernière doit être telle que la différence de hauteur de tamponnement entre un véhicule vide et le même véhicule chargé soit une quantité donnée.

On obtiendra donc sa valeur en divisant la quantité dont s'abaissent les extrémités des ressorts, pendant que le châssis subit l'abaissement normal, par la partie du poids du chargement qui tend à faire fléchir chacun des ressorts.

Pour un véhicule à suspension à sellettes, le numérateur de cette fraction sera égal à l'abaissement du châssis, tandis que pour un véhicule à suspension à menottes cette valeur sera moindre, ainsi que nous venons de le démontrer plus haut. Donc, dans ce dernier cas la flexibilité sera plus faible que dans le premier, toutes choses égales d'ailleurs.

Nous allons maintenant chercher la relation qui existe entre l'abaissement du châssis et celui des extrémités des ressorts dans le cas d'une suspension à menottes.

Soient fig. 6 :

- $AB=l$ la demi-longueur de la maîtresse-feuille supposée rectiligne (*),
- $BC=b$ la longueur des menottes,
- $CL=h$ la différence de hauteur entre l'axe C appartenant au châssis et le point A milieu du ressort,
- $CC'=y$ l'abaissement du point C appartenant au châssis,
- $BD=z$ l'abaissement du point B, situé à l'extrémité du ressort,
- β l'angle des menottes avec l'horizon.
- γ l'angle de la maîtresse-feuille avec l'horizon.

Le ressort étant dans la position ABC si on augmente la charge qu'il supporte, le point B viendra en B' sur une circonférence de rayon égal à AB, et le point C descendra en C' sur la verticale passant par C, puisque ce point appartient au châssis et que sa distance horizontale au point A est invariable. Les angles β et γ seront devenus β' et γ'. Le point B se sera déplacé verticalement d'une quantité égale à BD et le point C d'une quantité égale à CC'; c'est la différence entre ces deux quantités BD et CC' qui constitue l'effet des menottes sur le déplacement vertical du châssis et des extrémités du ressort.

Des considérations géométriques nous permettent de tirer la valeur de CC' en fonction de BD et des données du ressort; en effet on a fig. 6.

$$CC'=EC'-EC=BD+DH-BC\times\sin\beta=BD+B'C'\times\sin\beta'-BC\times\sin\beta \quad (1);$$

mais
$$\cos\beta'=\frac{IC'}{B'C'}=\frac{AN+NL-AM}{B'C'}=$$

$$\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-\overline{BN}^2}+BC\times\cos\beta-AB'\times\cos\gamma'}{B'C'}=$$

$$\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-\overline{BN}^2}+BC\times\cos\beta-AB'\sqrt{1-\sin^2\gamma'}}{B'C'}=$$

(*) Cette hypothèse ne peut nuire en rien à la rigueur des déductions qui vont suivre, car dans la plupart des cas de la pratique, la courbure des ressorts est faible, et d'autre part, on sait qu'un ressort à lames fléchit de la même façon, quelle que soit la courbure donnée aux feuilles.

$$\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-\overline{BN}^2}+BC\times\cos\beta-AB'\sqrt{1-\left(\frac{B'M}{AB}\right)^2}}{BC}=$$

$$\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-\overline{BN}^2}+BC\times\cos\beta-AB'\sqrt{1-\left(\frac{BN-BD}{AB'}\right)^2}}{B'C'}=$$

$$\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-(BK+KN)^2}+BC\times\cos\beta-AB'\sqrt{1-\left(\frac{BK+KN-BD}{AB'}\right)^2}}{B'C'}=$$

$$\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-(BC\times\sin\beta+KN)^2}+BC\times\cos\beta-AB'\sqrt{1-\left(\frac{BC\times\sin\beta+KN-BD}{AB'}\right)^2}}{B'C'}$$

donc

$$\sin\beta'=\sqrt{1-\cos^2\beta'}=$$

$$\sqrt{1-\left[\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-(BC\times\sin\beta+KN)^2}+BC\times\cos\beta-AB'\sqrt{1-\left(\frac{BC\times\sin\beta+KN-BD}{AB'}\right)^2}}{B'C'}\right]^2}$$

remplaçant sin β' par sa valeur dans l'équation (1) et remarquant que $AB'=AB$, $B'C'=BC$ et $KN=CL$, on a :

$$CC'=BD+BC\sqrt{1-\left[\frac{\sqrt{\overline{AB}^2-(BC\times\sin\beta+CL)^2}+BC\times\cos\beta-AB\sqrt{1-\left(\frac{BC\times\sin\beta+CL-BD}{AB}\right)^2}}{BC}\right]^2}-BC\times\sin\beta.$$

Enfin, si on remplace AB, BC, CL, CC' et BD par leurs valeurs respectives l, b, h, y et z, on obtient en réduisant :

$$y=z+b\left\{\sqrt{1-\left[\frac{\sqrt{l^2-(b\sin\beta+h)^2}+b\cos\beta-\sqrt{l^2-(b\sin\beta+h-z)^2}}{b}\right]^2}-\sin\beta\right\}$$

d'où l'on tire la valeur de z qui est la suivante :

$$z = \frac{B - M \times N - \sqrt{N^2(l^2 - B^2) - M(M + 2N \times B) + l^2}}{N^2 + 1} \quad (2)$$

en donnant aux quantités auxiliaires B, M, N, les valeurs ci-dessous :

$$B = b \sin\beta + h,$$

$$M = \frac{y^2 + l^2 - b^2 - h^2 + 2b\sin\beta(y - h)}{2(b\cos\beta + \sqrt{l^2 - B^2})} + \frac{b\cos\beta + \sqrt{l^2 - B^2}}{2},$$

$$N = \frac{h - y}{b\cos\beta + \sqrt{l^2 - B^2}}.$$

Si dans cette formule (2) nous faisons $b = 0$ on obtient $z = y$, ce qui devait être, puisque, dans ce cas, on rentre dans la disposition des ressorts à sellettes.

Nous venons de voir que l'emploi des menottes a pour conséquence la diminution de la flexibilité à donner aux ressorts de suspension, et que cette diminution est d'autant plus sensible que l'inclinaison des menottes sur l'horizon est plus faible. Il y a donc intérêt à donner à l'angle β une valeur pratiquement aussi grande que possible.

On arrive à la même conclusion en considérant les décompositions de force qui sont la conséquence de l'emploi des menottes.

En effet soient fig. 7 :

P la partie du poids du véhicule qui correspond à chacune des extrémités des ressorts,
Q effort vertical qui tend à faire fléchir le ressort,
T effort dirigé suivant la maîtresse-feuille,
β et γ ayant la même signification que ci-dessus.

Le poids P se décompose en deux forces R et S ; la première est supportée par le châssis par l'intermédiaire de la main de suspension et nous n'avons pas à nous en préoccuper ; la seconde S se décompose à son tour en deux autres forces T et Q qui ont pour valeur :

$$T = \frac{S \times \cos\beta}{\cos\gamma} = \frac{P}{\sin\beta} \times \frac{\cos\beta}{\cos\gamma} = \frac{P}{\operatorname{tg}\beta \times \cos\gamma} =$$

$$\frac{P}{tg\beta\times\sqrt{1-\sin^2\gamma}}=\frac{P}{tg\beta\times\sqrt{1-\left(\frac{b\sin\beta+h}{l}\right)^2}}. \qquad (3)$$

$$Q=S\times\sin\beta+T\times\sin\gamma=\frac{P\times\sin\beta}{\sin\beta}+T\times\frac{b\sin\beta+h}{l}=$$

$$P+\frac{P}{tg\beta\times\sqrt{1-\left(\frac{b\sin\beta+h}{l}\right)^2}}=$$

$$P\left[1+\frac{1}{tg\beta\times\sqrt{\left(\frac{l}{b\sin\beta+h}\right)^2-1}}.\right] \qquad (4)$$

On voit donc que plus l'angle β est petit, toutes choses égales d'ailleurs, plus la valeur de Q surpasse celle de P, ce qui est tout à fait conforme à ce qui a été trouvé plus haut en considérant les chemins parcourus y et z.

Enfin si nous considérons la force T dont la valeur est donnée par la formule (3) nous trouverons un nouvel argument en faveur de l'agrandissement de l'angle β. En effet l'effort T est dirigé suivant la maîtresse-feuille, et c'est cette dernière seule qui subit son action; aussi tend-elle à prendre une forme rectiligne tandis que les autres feuilles conservent leur courbure, ce qui explique le bâillement qu'on remarque souvent entre les feuilles des ressorts dont les menottes sont très-inclinées sur l'horizon.

La valeur de T croît très-rapidement à mesure que l'angle β diminue, puisque la valeur de la tangente de cet angle entre au dénominateur dans l'expression (3).

Il résulte des considérations ci-dessus que les menottes inclinées ont pour effet de diminuer la flexibilité à donner aux ressorts qui en sont munis et de faire supporter à la maîtressse-feuille un effort qui tend à la faire bâiller. Ces effets sont d'autant plus sensibles que l'angle β est plus petit.

Nous croyons donc qu'en pratique il est bon de pas prendre β *inférieur à* 45°, *sous véhicule vide, cette valeur diminuant lors de l'application de la charge que doit supporter le véhicule en service.*

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler ici que dans les locomotives et dans les tenders, l'inclinaison des tiges des extrémités des ressorts de suspension est toujours très-voisine de la verticale.

menottes, mais la longueur de ces pièces a aussi une influence sur la quantité dont se déplace verticalement le châssis par rapport aux extrémités des ressorts.

En effet, dans la figure 3, on a :

$$C'C'' = LC' - LC''; \qquad (5)$$

mais

$$LC' = \sqrt{\overline{B'C'}^2 - \overline{B'L}^2} = \sqrt{\overline{B'C'}^2 - (B''L - B''B')^2} =$$

$$\sqrt{\overline{B'C'}^2 - (B''C'' \times \cos\beta - B''B')^2}$$

et

$$LC'' = B''C'' \times \sin\beta$$

remplaçant dans l'équation (5), en remarquant que $B''C'' = B'C' = BC$, et réduisant, on a :

$$C'C'' = \sqrt{\overline{BC}^2(1 - \cos^2\beta) + 2 \times BC \times B'B'' \times \cos\beta - \overline{B''B'}^2} - BC \times \sin\beta. \quad (6)$$

Cette expression (6) fait voir que *l'abaisssement* C'C'' *du châssis est d'autant plus considérable que la longueur* BC *des menottes est plus grande, toutes choses égales d'ailleurs.*

Il y a donc intérêt en pratique à employer des menottes aussi courtes que possible, le minimum étant donné par l'expression

$$BC = \frac{B''B'}{\cos\beta}$$

si on veut que l'inclinaison des menottes ne change pas de sens par rapport à la verticale quand le ressort passe de la position AB à celle AB'.

Application. — Si on fait l'application des formules ci-dessus à un cas ordinaire de la pratique, à une voiture de 3e classe, par exemple, on obtient pour différentes valeurs de l'angle β les résultats portés dans le tableau ci-après, en remarquant que pour le véhicule chargé les formules (3) et (4) deviennent respectivement :

$$T' = \frac{P'}{\operatorname{tg}\beta' \times \cos\gamma'} = P' \sqrt{\frac{\dfrac{1}{\left(\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}\right)^2} - 1}{1 - \left(\dfrac{b\sin\beta + h - z}{l}\right)^2}} \quad (*).$$

$$Q' = S' \times \sin\beta' + T' \times \sin\gamma' = P' \left[1 + \sqrt{\frac{\dfrac{1}{\left(\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}\right)^2} - 1}{\left(\dfrac{l}{b\sin\beta + h - z}\right)^2 - 1}} \right] (*).$$

La flexibilité par 1,000 kil. de chacun des ressorts est représentée par i, et sa valeur est donnée par la formule suivante, d'après ce que nous avons dit plus haut :

$$i = \frac{1000 \times z}{2(Q' - Q)}.$$

(*) Ces relations s'établissent de la manière suivante (voir fig. 6) :

1°
$$T' = \frac{P'}{\operatorname{tg}\beta' \times \cos\gamma'};$$

mais $\sin\beta' = \sin\beta + \frac{y-z}{b}$; d'où $\operatorname{tg}\beta' = \dfrac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{\sin^2\beta'} - 1}} = \dfrac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{\left(\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}\right)^2} - 1}}$

et $\sin\gamma' = \frac{b\sin\beta + h - z}{l}$; d'où $\cos\gamma' = \sqrt{1 - \sin^2\gamma'} = \sqrt{1 - \left(\frac{b\sin\beta + h - z}{l}\right)^2}$;

$$\text{donc } T' = \frac{P'\sqrt{\dfrac{1}{\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}} - 1}}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{b\sin\beta + h - z}{l}\right)^2}} = P' \sqrt{\frac{\dfrac{1}{\left(\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}\right)^2} - 1}{1 - \left(\dfrac{b\sin\beta + h - z}{l}\right)^2}};$$

2°
$$Q' = S' \times \sin\beta' + T' \times \sin\gamma' = \frac{P'}{\sin\beta'} \times \sin\beta' + T' \times \sin\gamma' =$$

$$\left[1 + \sin\gamma' \sqrt{\frac{\dfrac{1}{\left(\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}\right)^2} - 1}{1 - \left(\dfrac{b\sin\beta + h - z}{l}\right)^2}} \right] = P' \left[1 + \sqrt{\frac{\dfrac{1}{\left(\sin\beta + \dfrac{y-z}{b}\right)^2} - 1}{\left(\dfrac{l}{b\sin\beta + h - z}\right)^2 - 1}} \right].$$

Les données sont les suivantes :

Poids de la voiture vide transmis aux ressorts par les mains de suspension $8P = 4800^k$

Partie de ce poids correspondant à chacune des extrémités des ressorts $P = 600^k$

Poids de la voiture chargée transmis aux ressorts par les mains de suspension $8P' = 8560^k$

Partie de ce poids correspondant à chacune des extrémités des ressorts $P' = 1070^k$

Longueur développée de la maîtresse-feuille des ressorts de suspension $2l = 1,600$

Longueur des menottes $b = 0,080$

Distance verticale de l'axe C au centre A du ressort sous voiture vide $h = 0,040$

Quantité dont doit s'abaisser le châssis sous l'action de la charge $y = 0,050$

Nous ferons remarquer que la flexibilité pour $1,000^k$ des ressorts est représentée par i, et que les symboles Q' et T' se rapportent à la voiture chargée.

	1	2	3	4	5
β =	30°	45°	60°	90°	$b=0$
Q =	704^k	673	648	600	600
Q' =	1158^k	1129	1110	1077	1070
y =	$0^m,050$	0,050	0,050	0,050	0,050
z =	$0^m,0448$	0,046.1	0,047.3	0,050.2	0,050
i =	$0^m,049.4$	0,050.2	0,051.2	0,052.6	0,053.2
T' =	1564^k	929	520	—76	0

Les quatre premières colonnes du tableau ci-dessus contiennent les résultats qui correspondent à différentes valeurs de β, et la cinquième contient ceux qui se rapportent au cas particulier où $b = 0$, c'est-à-dire au cas de l'absence des menottes, ce qui revient à la disposition à sellettes.

On voit que pour que le châssis de la voiture en question descende, sous l'action du poids du chargement de la quantité $y = 0,050$, il faut ne donner aux ressorts de suspension qu'une flexibilité de 0,049.4 si les menottes sont inclinées à 30°, tandis qu'on pourrait porter cette

valeur à 0,52.6 si l'inclinaison était de 90°, et à 0,053.2 si on supprimait les menottes.

Ces trois valeurs de la flexibilité sont entre elles comme les nombres 92,9, — 98,9 — et 100; la perte de flexibilité due à la présence des menottes et à leur inclinaison peut donc atteindre, dans le cas qui nous occupe, 7 pour 100 environ.

Quant à l'effort T', supporté par la maîtresse-feuille seulement, on voit qu'il atteint le chiffre de 1,564 kil. pour une inclinaison de menottes de 30°, tandis qu'il n'est plus que de 929 kil. pour une inclinaison de 45°, et qu'il est presque nul pour une inclinaison de 90°.

Paris. — Imp. Viéville et Capiomont, 6, rue des Poitevins.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1876)

N° 28

Pendant ces deux mois, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Exposition Universelle de* 1878, liste des Membres de la Société faisant partie du Jury d'admission (séance du 3 novembre, page 866.)

2° *Mouvement des Trains* à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, par M. Regnault (séance du 3 novembre, page 869.)

3° *Ventilateurs à force centrifuge*, par M. Douau (séance des 3 novembre et 1er décembre, pages 870 et 886.)

4° Modifications de l'article 20 des Statuts (séance des 17 novembre et 1er décembre, pages 879 et 884.)

5° *Acier* (*Fabrication de l'*). Analyse des Mémoires lus et discutés en 1875 à la Société des Ingénieurs civils de Londres, par M. Périssé, (séance du 17 novembre, page 883.)

6° *Concours ouvert à la Société technique* de l'industrie du Gaz en France, pour deux prix fondés par cette Société (séance du 1er décembre page 885.)

7° *Tarifs des chemins de fer* (*Mécanisme des*), par M. Marché (séance du 1er décembre, page 887.)

8° *Communications entre l'Europe et l'Asie*, par M. Rubin (séance du 1er décembre, page 890.)

9° Situation financière de la Société, par M. le Trésorier (séance du 15 décembre, page 894.)

10° *Élection des membres du Bureau et du Comité* (séance du 15 décembre, page 895.)

Pendant ces deux mois, la Société a reçu :

1° De M. Marché, membre de la Société, un Mémoire sur le *Mécanisme des tarifs de chemins de fer.*

2° De M. Mathieu (Henri), membre de la Société, un exemplaire de *Notes sur quelques Chemins de fer de l'Austro-Hongrie et de la Haute-Italie.*

3° De M. Bunel, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur les *Établissements insalubres, incommodes et dangereux.*

4° De M. Pierre Chabat, architecte, un exemplaire de son *Dictionnaire des termes employés dans la construction.*

5° De M. Couche, inspecteur général des Mines, un exemplaire du IIIe et dernier fascicule du tome III de son ouvrage sur la *Voie, le matériel roulant de l'Exploitation technique des chemins de fer.*

6° De M. le Ministre des Travaux publics un exemplaire de l'ouvrage intitulé : *Histoire des travaux publics de la France.*

7° De M. Isaac Péreire, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur les *Questions financières.*

8° De M. Pimentel, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur le nouveau *Système de mécanisme de distribution applicable aux locomotives à cylindres extérieurs.*

9° Un exemplaire des *Documents officiels sur la Société civile internationale concessionnaire du canal interocéanique du Darien.*

10° De M. Fougerousse, un exemplaire de la *Théorie et calcul des rapports financiers établis entre l'État et les six grandes Compagnies de chemins de fer français.*

11° De M. Bartissol, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur les *Mines de fer magnétique de Santiago.*

On a Méthod of measuring the Conteur Electric Warees passing Through telegraph lines.

13° De M. Sandberg, membre de la Société, des exemplaires d'une note sur les *Joints des rails.*

14° De MM. Pouchet et Sautereau, ingénieurs civils, un exemplaire d'un Examen comparatif des divers projets de *Canaux interocéaniques par l'isthme de Darien et le lac de Nicaragua.*

15° De M. Rubin, membre de la Société, une Étude sur les *Voies de communications entre l'Europe et l'Asie.*

16° De M. Chateau, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude historique et chimique pour servir à l'Histoire de la fabrication du rouge Turc ou d'Andrinople.*

17° De M. Kislanski, membre de la Société, des exemplaires d'un mémoire sur la *Fabrication des rails en acier* (en langue russe).

18° De M. le Ministre des Travaux publics, un exemplaire de la *Situation des chemins de fer français au* 31 *décembre* 1875.

19° De M. le Directeur général des douanes, un exemplaire du *Tableau général du commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances étrangères pendant l'année* 1875.

20° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros de septembre et octobre 1876.

21° *Annales industrielles*, les numéros de septembre et octobre 1876.

22° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de juillet et août 1876.

23° Des *Annales des mines*, le numéro de la 4° livraison de 1876.

24° Des *Annales du Génie civil*, les numéros de septembre et octobre 1876.

25° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros de juillet et août 1876.

26° Des *Annales de la construction* (Nouvelles), les numéros de septembre et octobre 1876.

27° Des *Annales des chemins vicinaux*, les numéros de septembre et octobre 1876.

28° De l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France*, le numéro de son Bulletin.

méro de son bulletin.

30° *De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures*, les numéros de septembre et octobre de son bulletin de l'année 1876.

31° Du *Bulletin officiel de la Marine*, les numéros de novembre et décembre de l'année 1876.

32° Du *Comité des forges de France*, les numéros 117 et 118 du bulletin.

33° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros de novembre et décembre 1876.

34° Du *Courrier municipal* (journal), les numéros de septembre et octobre 1876.

35° De l'*Écho des Mines et de la Métallurgie* (journal), les numéros de novembre 1876.

36° De l'*Encyclopédie d'architecture*, les numéros de septembre et octobre 1876.

37° De l'*Economiste* (journal), les numéros de juillet 1876.

38° De l'*Engineering*, les numéros de novembre et décembre 1876.

39° De la *Gazette des Architectes*, les numéros de septembre et octobre 1876.

40° De la *Gazette du Village*, les numéros d'octobre et novembre 1876.

41° *Iron* journal *of science*, *metals et manufacture*, les numéros de juillet et août de l'année 1876.

42° De l'*Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs *Minutes of Proceedings* de 1875 et 1876.

43° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, les numéros du deuxième trimestre 1876 de son bulletin.

44° De l'*Institution of Mining Engineers americans*, les numéros de leurs *Transactions*.

45° Du *Journal d'Agriculture pratique*, les numéros de novembre et décembre 1876.

46° Du *Journal des Chemins de fer*, les numéros de novembre et décembre 1876.

47° Du *Journal de l'Éclairage au gaz*, les numéros de novembre et décembre 1876.

48° Du journal *of the American Society of Civils Engineers*, les numéros de juillet et août 1876.

49° De *la Houille* (journal), les numéros de novembre et décembre 1876.

50° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros de juillet et août 1876.

51° Du *Musée Royal de l'industrie de Belgique*, le numéro de juillet 1876 de son bulletin.

52° Du *Moniteur des chemins de fer* (journal), les numéros de novembre et décembre 1876.

53° Du *Moniteur industriel belge*, les numéros de novembre et décembre de l'année 1876.

54° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros de septembre et octobre 1876.

55° Du *Moniteur des travaux publics* (journal), les numéros de novembre et décembre 1876.

56° De l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (journal), le numéro 6 de 1876.

57° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros de novembre et décembre 1876.

58° De la *Réforme économique*, les numéros de novembre et décembre 1876.

59° De la *Revue maritime et coloniale*, le numéro de novembre 1876.

60° De la *Revue d'architecture*, les numéros 9 et 10 de l'année 1876.

61° De la *Revista de obras publicas*, les numéros de septembre et octobre 1876.

62° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros de novembre et décembre 1876.

63° De la *Revue horticole*, les numéros de novembre et décembre 1876.

64° De la Revue *les Mondes*, les numéros de novembre et décembre 1876.

65° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros de août et septembre 1876.

66° *De la Société de Physique*, les numéros de son bulletin du troisième trimestre de l'année 1876.

67° De la *Société des Ingénieurs anglais*, les numéros de leurs *Transactions* pour l'année 1875 et 1876.

68° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin du troisième trimestre 1875.

69° De la *Société industrielle de Mulhouse*, les numéros de juillet et août 1876 de son bulletin.

70° De la *Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens*, les numéros du quatrième trimestre de 1876, de leur *Revue périodique*.

71° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du troisième trimestre 1876 de son bulletin.

72° De la *Société d'encouragement*, les numéros de novembre et décembre 1876 de son bulletin.

73° De la *Société de géographie*, les numéros de novembre et décembre 1876 de son bulletin.

74° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, les numéros du deuxième trimestre 1876 de son bulletin.

75° De la *Société des Ingénieurs portugais*, les numéros du troisième trimestre 1876 de son bulletin.

76° De la *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du troisième trimestre 1876 de son bulletin.

77° De la *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le quatrième numéro de son bulletin de 1876.

78° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin de septembre et octobre 1876.

79° De la *Société scientifique industrielle de Marseille*, le numéro du troisième trimestre de 1876 de son bulletin.

80° De la *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 5 et 6 de 1876 de son bulletin.

81° De la *Société des Arts d'Edimburgh*, le premier numéro de 1876 de son bulletin.

82° De la *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et*

belles-lettres du département de l'Aube, le tome XXIII de la quatrième série de son bulletin.

83° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, son bulletin du troisième trimestre de 1876.

84° De la *Société industrielle de Rouen*, le numéro du troisième trimestre de l'année 1876 de son bulletin.

85° De la *Société technique de l'Industrie du Gaz en France*, le numéro de son bulletin.

86° De la *Semaine financière* (journal), les numéros de novembre et décembre 1876.

87° *Sucrerie indigène* (*La*), par M. Tardieu, les numéros de septembre et octobre 1876.

88° Du *The Engineer* (journal), les numéros de novembre et décembre 1876.

89° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du troisième trimestre 1876 de son bulletin.

90° De MM. de Ruolz et de Fontenay, membres de la Société, un exemplaire d'une note sur des *Applications industrielles du phosphure de cuivre et du bronze phosphuré*.

91° De M. Carron, membre de la Société, une note sur la *Détente des fluides*.

92° De M. Lencauchez, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Condensation des vapeurs de zinc dans les appareils soufflés*.

93° De M. le Ministre des Travaux publics, un exemplaire de la 2e partie d'un ouvrage sur les *Ports maritimes de la France*.

94° De M. le comte de Ruolz, membre de la Société, un exemplaire du Rapport de M. Levasseur sur la *Question des houilles* (Mission de M. de Ruolz en France et en Angleterre).

95° De M. Le Bon, membre de la Société, un exemplaire du Compte rendu de la troisième réunion de la *Société technique de l'industrie du gaz en France*.

96° De M. Lacretelle, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur l'*Estimation des houillères*.

97° De M. Labry, ingénieur en chef des ponts et chaussées: 1° un

exemplaire d'une Note sur *la Question monétaire;* 2° un exemplaire d'une Note sur la *surveillance par l'État de la gestion financière des chemins de fer en France.*

98° De M. Regnault, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur les *Indicateurs électriques destinés à compléter la sécurité des trains sur les chemins de fer.*

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois de novembre :

MM. Audebert, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Rozycki.
Bomches, présenté par MM. Desgrange, Gottsckalk et Richard.
Bonnefond, présenté par MM. Carimantrand, Marché et E. Péreire.
Carez, présenté par MM. Carimantrad, Marché et Mors.
Delporte, présenté par MM. Le Brun, Périssé et Rey.
Henry, présenté par MM. Mirécki, Plocq et Thouin.
De Jubécourt, présenté par MM. Mirécki, Plocq et Thouin.
Mazurkiewiez, présenté par MM. Fichet, Jordan et Jourdain.
Prochaska, présenté par MM. Desgrange, Gottschalk et Richard.
Proveux, présenté par MM. Carimantrand, Guérin de Litteau et Marché.
Schmid, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Somzée, présenté par MM. Arson, Marché et Richard.
Steens, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Richard.
Vasset, présenté par MM. Dumont, Joyant et Méraux.
Vincent, présenté par MM. Alcan, Richard et Simon (Édouard).

Comme Membre associé :

M. Lemarchand, présenté par MM. De Cœne, Legris et Richard.

Comme Membre honoraire :

M. Schmidt, présenté par MM. Desgrange, Loustau et Richard.

Au mois de décembre :

MM. Audenet, présenté par MM. Chabrier, Forquenot et Eug. Péreire.
Bartissol, présenté par MM. Champouillon, Cotard et Huguet.
Chevalier, présenté par MM. Desgrange, Marché et Rey.



MM. De Chopitea, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Piquet.
Denis, présenté par MM. Fleury, Huguet et Richard.
Doat, présenté par MM. Dumont, Joyant et Richard.
Fradera, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Piquet.
Gaumy, présenté par MM. Bobin, Fraix et Richard.
Génissieu fils, présenté par MM. Génissieu père, Richard et Ziégler.
De Gisper, présenté par MM. Carimantrand, Marché et Piquet.
Hignette, présenté par MM. Callon, Laurens et Vée.
Leloutre, présenté par MM. Muller, Richard et Tresca (Henri).
Le Blond, présenté par MM. Bobin, Richard et Rey.
De Pischof, présenté par MM. Desgrange, Gottschalk, Nordling.
Quesnel, présente par MM. De Cœne, Delaporte et Richard.
Rabeuf, présenté par MM. Desmousseaux de Givré, J. Morandiere et De Selle.
Robin, présenté par MM. Caron, Cornuault et Richard.
Rousseau, présenté par MM. Richard, Spée et Thomas Émillien.
Tabary, présenté par MM. Bobin, Fraix et Richard.
Tay, présenté par MM. Gil Claudio, Marché et Piquet.
Thomasset, présenté par MM. Guébin, Hallopeau et Rubin.
Vial, présenté par MM. Carimantrand, Ermel et Wurgler.
Zschokke, présenté par MM. Hersent, Richard et Thomas.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

VI^E BULLETIN DE L'ANNÉE 1876

Séance du 3 Novembre 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 octobre est adopté.

M. le Président annonce le décès de M. Henry Schlumberger.

M. le Président donne ensuite communication de la liste des Membres de la Société, désignés par M. le Ministre des Travaux publics, pour faire partie du Jury d'admission à l'Exposition universelle de 1878.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

MEMBRES DU JURY D'ADMISSION.

DEUXIÈME GROUPE.

Éducation. — Enseignement. — Matériel et procédés des arts libéraux.

11e CLASSE.

Application usuelle des arts du dessin et de la plastique.

M. Barrault (Émile).

15e CLASSE.

Instruments de précision.

MM. Lepaute (Henri), Yvon Villarceau.

TROISIÈME GROUPE.

Mobilier et Accessoires.

19e CLASSE.

Cristaux, verrerie et vitraux.

MM. Biver (Hector), Clémendot.

20e CLASSE.

Céramique.

M. Salvetat.

24e CLASSE.

Orfèvrerie.

M. Bouilhet.

25e CLASSE.

Bronzes d'art, fontes d'art, métaux repoussés.

M. Barbedienne.

26e CLASSE.

Horlogerie.

M. Garnier (Paul).

27e CLASSE.

Appareils et procédés de chauffage et d'éclairage.

MM. Delaporte (Georges), Géneste, d'Hamelincourt, Luchaire, Muller (Émile).

QUATRIÈME GROUPE.

Tissus. Vêtements et Accessoires.

40e CLASSE.

Armes portatives et chasse.

MM. Claudin (armurier), Gévelot, Rouart.

CINQUIÈME GROUPE.

Industries extractives. Produits bruts et ouvrés.

43e CLASSE.

Produits de l'exploitation des mines et de la métallurgie.

MM. Caillaux, Jordan, Laveissière (Jules), Loustau, Valton.

SIXIÈME GROUPE.

Outillage et procédé des industries mécaniques.

50e CLASSE.

Matériel et procédés de l'exploitation des mines et de la métallurgie.

M. Degousée.

51e CLASSE.

Matériel et procédés des exploitations rurales et forestières.

MM. Aboilard, Chabrier (Ernest).

52e CLASSE.

Matériel et procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

MM. Darblay jeune, Hignette, Mignon, Savalle.

54e CLASSE.

Machines et appareils de la mécanique génerale.

MM. Arson, Comberousse (de), Farcot (Joseph), Gargan, Laîné fils, Lecœuvre, Périssé, Tresca (Henri).

55e CLASSE.

Machines - outils.

MM. Bouhey, Callon, Elwell (père), Frey, Pihet.

57e CLASSE.

Matériel et procédés de tissage.

M. Alcan.

59e CLASSE.

Matériel et procédés de la confection des objets de mobiliers et d'habitation.

M. Armengaud jeune, fils.

60e CLASSE.

Matériel et procédés de la papeterie, des teintures et des impressions.

MM. Ermel, Laboulaye (Charles).

61e CLASSE.

Machines, instruments et procédés usités dans divers travaux.

MM. Collin (horloger), Deny.

62e CLASSE.

Carrosserie et charronnage.

MM. Desouches, Jeantaud.

63e CLASSE.

Bourrellerie et sellerie

M. Noisette.

64e CLASSE.

Matériel des chemins de fer.

MM. Banderali, Bonnefond, Chevalier, De Cœne, Dietz, Forquenot, Mayer (Ernest), Ollivier (Achille).

65e CLASSE.

Matériel et procédés de la télégraphie.

M. Bréguet.

66e CLASSE.

Matériel et procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture.

MM. Baudet (Émile), Cottard, Richard (Louis), Trélat (Émile), Vauthier, Vée (Léonce).

67e CLASSE.

Matériel de la navigation et du sauvetage.

MM. Mazeline, Molinos.

SEPTIÈME GROUPE.

Produits alimentaires.

74e CLASSE.

Condiments et stimulants, sucres et produits de la confiserie.

M. Lebaudy.

HUITIÈME GROUPE.

Agriculture et Pisciculture.

76e CLASSE.

Spécimens d'exploitations rurales et d'usines agricoles.

MM. Bixio (Maurice), Dailly, Ronna.

M. Marché présente deux épreuves photographiques du plan en relief de la ville de Madrid, dressé par la Compagnie du gaz de cette ville.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante de M. J. Morandiere :

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous adresser pour la Bibliothèque de la Société, et de la part de M. Regnault, les renseignements suivants sur le système du cantonnement des trains au Chemin de fer de l'Ouest.

« 1° Une brochure décrivant les indicateurs électriques et leur mode d'action;

« 2° Un ordre de service (n° 194), contenant les instructions qui règlent le mode d'emploi des signaux entre deux postes de cantonnements;

« 3° Une circulaire (n° 61), concernant l'application de l'ordre de service ci-dessus à la ligne de Versailles R.-D.

« Tous les appareils sont manœuvrés par les agents des gares, sans augmentation de personnel. Dans le système anglais, un poste, même dans une gare, occupe d'une façon permanente un agent spécial de jour et un de nuit; mais il a fallu créer des postes nombreux, et un cantonnier porteur d'une lanterne rouge s'est trouvé remplacé par une guérite, des signaux avec transmissions à distance, et des appareils électriques. C'est de là que vient la grande dépense d'établissement et l'augmentation notable des frais d'entretien. En outre, sur les parties de voie très-fréquentées, ces postes ont été munis de voies de garages avec addition de signaux et d'enclanchements : d'où un nouvel accroissement de dépenses.

« Le trafic est quelquefois très-considérable sur certaines sections des chemins anglais, et avant de mettre trois ou quatre files de rails, on a souvent recours à des expédients variés. Il existe, dit-on, une combinaison, dans laquelle l'une des voies a été dédoublée entre deux postes, afin de recevoir un train lent qui se trouve dépassé par un train express pendant ce court trajet, et sans arrêt d'aucun des deux trains.

« Veuillez agréer, etc. »

M. Douau donne communication de sa Note sur les ventilateurs à force centrifuge.

Dans une précédente séance, M. Arson a fait à la Société une communication intéressante sur les ventilateurs à force centrifuge; il serait donc tout à fait inutile de reproduire et de répéter ici les considérations générales, précédemment émises, et qui ont d'ailleurs démontré toute l'importance de la question dont nous avons à vous entretenir.

Nous avons cherché à exposer une théorie de ces appareils, en nous appuyant simplement sur les principes mécaniques du mouvement de l'air, dans des conditions déterminées; nous en déduirons les conséquences, et nous pouvons dire, tout d'abord, que nos conclusions sont les mêmes que celles données par M. Arson, dans le travail qu'il a fait à ce sujet.

Nous devons dire qu'au point de vue du mode d'utilisation, les ventilateurs peuvent être, comme les pompes, aspirants, soufflants, ou à la fois aspirants et soufflants.

Sous le rapport du mode même de construction, ils se divisent en deux classes principales :

1° Ventilateurs à ailes planes;
2° Ventilateurs à ailes courbes de M. Combes.

Ventilateurs aspirants.

L'étude que nous avons faite est spécialement celle d'un ventilateur aspirant. Considérons l'appareil simple, tel qu'on le rencontre d'une manière à peu près générale en pratique.

Désignons par :

P_0 la pression de l'air dans le tuyau d'admission;
P celle au point où l'air est introduit dans les ailes;
t la température de l'air;
a le coefficient de dilatation.

La vitesse v qui est celle absolue de l'entrée de l'air dans l'appareil, est donnée par la formule suivante : (*Théorème de Bernouilli modifié pour l'écoulement des gaz.*)

$$v^2 = 2g.\ 18.304\ (1 + at) \log. \frac{P_0}{P}. \qquad (1)$$

Cette vitesse est dirigée sensiblement suivant le rayon, ou perpendiculairement à la paroi du tuyau d'arrivée.

Soit :

u_0 la vitesse des ailes à la circonférence intérieure, cette vitesse est perpendiculaire à v, et la vitesse relative w_0 d'introduction de l'air dans les aubes, est la résultante de la vitesse absolue et de la vitesse d'entraînement, prise en sens contraire; on a donc la relation

$$w_0^2 = u_0^2 + v^2. \qquad (2)$$

En ajoutant les deux relations (1) et (2), on obtient :

$$w_0^2 = u_0^2 + 2g.\ 18.304\ (1 + at) \log. \frac{P_0}{P}. \qquad (3)$$

L'angle α des deux vitesses u_0 et w_0 est donné par la formule

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{v}{u_0}. \qquad (4)$$

Examinons ce qui se passe lors de la sortie de l'air de l'appareil. Désisignons par :

w la vitesse relative de l'air à l'extrémité de l'aube;
u la vitesse des ailes au même point.

La pression à la circonférence extérieure étant P_1, on aura, en appliquant le principe de l'effet du travail pour le mouvement relatif : (*Théorème de Coriolis.*)

$$w^2 = w_0^2 + u^2 - u_0^2 + 2g.\ 18.304\ (1 + at) \log. \frac{P}{P_1}. \qquad (5)$$

Si on ajoute les relations (1), (2) et (5), on obtient, après réduction :

$$w^2 = u^2 + 2g.\ 18.304\ (1 + at) \log. \frac{P_0}{P}. \qquad (6)$$

Nous devons faire remarquer que les pressions P_0 et P_1 diffèrent fort peu l'une de l'autre, leur rapport est donc voisin de l'unité, et il en résulte que w et u sont des valeurs très-peu différentes l'une de l'autre, ainsi que l'expérience le confirme.

extérieure des ailes, et v' la vitesse absolue de sortie de l'air, nous aurons :

$$v'^2 = u^2 + w^2 - 2uw \cos \beta. \quad (7)$$

Cherchons maintenant la quantité d'air débitée par l'appareil. Soit :

P le poids de l'air qui s'écoule par seconde;

S la distance de deux ailes consécutives, comptée sur la circonférence extérieure;

e la largeur des ailes dans le sens de l'axe.

Le volume écoulé par seconde par l'un des canaux, sera :

$$eS \sin \beta . w.$$

Si Π_a désigne le poids du mètre cube d'air à la pression atmosphérique et à la température t, et si n est le nombre des canaux, on aura :

$$P = n \Pi_a e S. \sin \beta . w. = 2\pi r \Pi_a e w. \sin \beta. \quad (8)$$

r étant le rayon de la circonférence extérieure du ventilateur.

En appelant de même :

Π le poids du mètre cube à la pression P et à la température t,

r_0 le rayon de la circonférence extérieure des ailes.

On trouvera de même :

$$P = 2\pi r_0 \, \Pi e w_0 \sin \alpha \quad (9)$$

Les quantités π et Π_a peuvent s'exprimer en fonction des pressions et des températures correspondantes :

$$\Pi_a = 1.3 \frac{P_a}{10.334 \; (1 + at)}. \quad (10)$$

$$\Pi = 1.3 \frac{P}{10.334 \; (1 + at)}. \quad (11)$$

La quantité d'air qui s'écoulera de l'appareil peut donc s'exprimer de la manière suivante :

$$P = 2\pi r_0 e w_0 \sin \alpha . \, 1.3 \frac{P}{10.334 \; (1 + at)}. \quad (12)$$

Les formules précédentes nous permettent d'évaluer les éléments de la question. Nous devons maintenant rechercher quel est l'effet utile.

Le travail utile est $T_u = P \frac{w_0^2}{2g}$.

Le travail moteur T_m se compose de T_u, plus du travail correspondant à la vitesse absolue de l'air à sa sortie, et de celui dû au frottement de l'air contre les parois des canaux et aux fuites inévitables.

On a donc :

$$T_m = P \frac{(w_0^2 + v'^2)}{2g} + T_f,$$

$$\frac{T_u}{T_m} = \frac{w_0^2}{w_0^2 + v'^2 + \frac{2g}{P} T_f}.$$

Nous pouvons tirer de la théorie qui précède, les conséquences suivantes que nous allons résumer ici :

1° Ainsi que l'a exposé M. Arson, dans sa communication sur les ventilateurs, la forme des ailes doit être courbe, la tangente au premier élément de l'aube étant calculée de manière que l'air entre sans choc dans l'appareil;

2° La vitesse absolue de sortie doit être la plus petite possible, afin d'obtenir le maximum de rendement; on satisfait à cette condition en rapprochant, autant qu'il est possible, le dernier élément de l'aile de la tangente à la circonférence extérieure au point terminus.

Toutefois l'angle β ne pourrait être nul, car la sortie de l'air ne s'opérerait plus d'une façon régulière, normale.

Quant à la forme de la courbe, nous pensons que celle en *développante de cercle* serait la plus convenable, la section des canaux restant alors constante.

3° Comme l'a indiqué M. Arson, il conviendrait de disposer l'entrée de l'air dans l'appareil, de telle façon que le changement dans la direction de la vitesse se fît d'une manière régulière et non brusquement, comme cela arrive dans les appareils ordinaires.

4° Quant au sens de la rotation, il est tout naturellement indiqué, il doit avoir lieu dans le sens de la convexité des ailes.

Nous avons cherché à compléter les considérations théoriques qui précèdent, par des expériences faites sur les appareils de ce genre.

M. Glépin, ingénieur des houillères du Grand-Hornu, près Mons, s'est beaucoup occupé de cette question; on lui est redevable de toute une série d'expériences, faites avec beaucoup de soin, de méthode et d'exactitude; nous trouverons dans les résultats de ces expériences les renseignements les plus complets sur la question; nous en extrayons les quelques chiffres suivants :

DÉSIGNATION.		Volume d'air débité par heure et par cheval.	Rendement.	Coût d'enlèvement à Paris des 1000 m³ d'air.
Ventilateur à ailes planes Leloret.	Fosse Sainte-Catherine à Sainte-Victoire............	m³ 2.723	0.17	0.094
	— N° 3 de l'Agrappe et Grisœil............	2.708	0.20	0.086
	— N° 1 du Grand-Picquery............	2.758	»	0.100
	— N° 3 de Marcinelles.....	2.830	0.10	0.095

DÉSIGNATION.		Volume d'air débité par heure et par cheval.	Rendement.	Coût d'enlèvement à Paris des 1000 m³ d'air.
Ventilateur courbe à ailes courbes.		m³		
	Fosse n° 5 du Grand-Hornu, 6 ailes..................	1.764	0.22	0.125
	Fosse n° 5 du Grand-Hornu, 3 ailes..................	2.005	0.16	0.119
	Fosse n° 5 du Grand-Hornu. Nouveau ventilateur........	3.749	0.28	0.069

La dépense se compose des intérêts des frais d'établissement calculés à 6 pour 100, et des frais journaliers de l'appareil.

Dans le ventilateur de M. Letoret les ailes sont réunies par articulation aux extrémités des bras, ce qui permet de leur donner une inclinaison convenable, de manière à éviter les chocs, lors de l'entrée de l'air dans l'appareil.

Ventilateurs soufflants.

Nous n'en dirons ici que quelques mots, notre but n'étant pas, en effet, de passer en revue tous les appareils de ce genre dont il est fait usage.

La théorie du ventilateur soufflant pourrait être faite en procédant comme nous l'avons fait pour celui aspirant, l'on arriverait à des formules semblables et à des conséquences identiques, qu'il est inutile de répéter.

M. de Saint-Léger s'est beaucoup occupé de la question des ventilateurs employés dans les fonderies (voir *Annales des Mines*, 3e série, tomes VII et XI), et l'on trouvera là des renseignements complets sur ce point particulier. Nous pourrons faire remarquer que, dans ce cas, la puissance employée est beaucoup plus considérable, à volume d'air égal, que pour les ventilateurs aspirants; excès de force qui n'est nullement en rapport avec la différence de pression que l'on rencontre dans les deux cas. Il y a donc encore beaucoup à faire sur cette question, qui présente un grand intérêt.

M. Ed. Roy remarque que les chiffres de rendement qui viennent d'être cités ne sont pas assez avantageux pour les ailes courbes pour qu'il n'y ait pas quelque hésitation de la part des constructeurs à adopter cette forme d'aubes qui donne plus de complication dans l'exécution. Il croit que des ailes droites présentant une certaine inclinaison sur le rayon donnerait des résultats satisfaisants sans être d'une construction aussi difficile.

M. Douau fait observer qu'il ne faut considérer comme résultat définitif que le rendement de 28 pour 100; les appareils qui ont donné 16 et 22 pour 100 n'étaient que des essais faits dans une nouvelle voie.

M. Badois critique la théorie exposée. Il lui reproche son insuffisance

pour les ventilateurs aspirants et dit qu'elle est encore moins applicable aux ventilateurs soufflants.

Si l'on poussait les déductions de cette théorie jusqu'à leur limite extrême, on arriverait à l'impossibilité de faire tourner le ventilateur comme l'a fait remarquer judicieusement M. Douau. En effet, les aubes deviendraient toutes tangentes à la circonférence extérieure et se rencontreraient : l'air n'aurait plus d'issue. On ne peut même approcher que d'assez loin de ces conditions extrêmes, parce qu'il ne faut pas trop rétrécir le passage de l'air entre les aubes sous peine de produire des pertes de charge et des frottements énormes. — On adopte assez volontiers l'angle de 45° comme étant l'inclinaison minimum que doit avoir le dernier élément de la courbe de l'aube sur la circonférence extérieure, mais qu'est-ce qui justifie cette inclinaison plutôt que toute autre?

Une seconde défectuosité de la théorie est de supposer que l'air se meut dans l'appareil par filets parallèles : il n'en est rien. Il ne faut pas perdre de vue que l'aube exerce en ses différents points sur les molécules d'air des pressions variables en intensité et en direction et qu'on ne peut pas supposer que les molécules d'air considérées ne reçoivent pas de ce fait des chocs variables (des impulsions si l'on veut), dont l'effet est de projeter ces molécules en avant de l'aube et de faire suivre aux filets fluides des directions s'écartant progressivement de la courbure de l'aube; ces directions viennent rencontrer la concavité de l'aube qui précède celle considérée, et il en résulte qu'une partie de la vitesse donnée à l'air se détruit en remous et en frottements dans l'auget sans effet utile.

D'ailleurs les expériences citées par M. Douau donnent beaucoup de force à ces réflexions et l'on doit se demander quelle est la valeur réelle d'une théorie qui, rigoureusement appliquée, conduit à un effet utile de 28 pour 100 de la force dépensée?

D'autre part on peut bien dire pour les ventilateurs aspirants qu'ils doivent rendre l'air sans vitesse, puisque leur but est de prendre l'air à peu près à la pression atmosphérique et de le rejeter dans l'atmosphère à une pression peu supérieure. Toute vitesse conservée par l'air dans ces conditions est donc inutile et les dispositions de ces ventilateurs sont combinées en vue de ce résultat.

Mais il n'en est plus de même pour les ventilateurs soufflants qui doivent donner l'air avec une certaine vitesse absolue, lorsqu'il s'agit, par exemple, de souffler des feux de forge, des cubilots, des hauts-fourneaux. Les dispositions sont alors très-différentes. Il faut recueillir l'air à la sortie de l'appareil et l'envoyer dans un conduit jusqu'au lieu d'emploi. La vitesse de sortie qui était considérée tout à l'heure comme produisant une perte d'effet utile est maintenant une nécessité, tant qu'elle ne dépasse pas la vitesse d'écoulement dans le conduit.

Il en résulte pour la construction des conditions nouvelles, et pour la forme des aubes en particulier, une autre courbure. Si l'on se reporte à la figure donnée par M. Douau pour la décomposition des vitesses à la sortie

de l'appareil, il est facile de voir que si la vitesse de rotation u à l'extrémité des ailes reste la même, tandis qu'on voudra faire varier la vitesse absolue v' de sortie de l'air, la vitesse relative w qui est la deuxième composante de la vitesse absolue v', devra varier également en grandeur et en direction, et l'angle β du dernier élément de l'aube avec la tangente à la circonférence extérieure deviendra de plus en plus grand à mesure que la vitesse v' devra être plus considérable. Si même on veut que cette vitesse v' soit dirigée dans un sens se rapprochant de la direction de l'écoulement de l'air, ce qui est évidemment le plus naturel, on arrive pour β à un angle obtus au lieu d'un angle aigu, et par conséquent à une forme concave dans le sens de la rotation au lieu d'une forme convexe, et cela sans changer en aucune façon le point de départ de l'entrée de l'air, le premier élément de la courbe restant dans la direction qu'il doit avoir pour que l'air entre sans choc dans l'appareil.

Voilà pour la forme des aubes; mais la nécessité d'envelopper le ventilateur introduit aussi dans le problème d'autres considérations dont il faut tenir compte. Telles qu'on fait ordinairement ces enveloppes, l'air ne s'en échappe que par un point, et l'appareil tournant laisse entre l'enveloppe et lui un vide de grandeur progressive jusqu'à cet orifice. Or, il y a une perte de travail considérable pour amener tout l'air de la périphérie jusqu'à cet unique orifice. L'air qui se trouve au point le plus éloigné a même à vaincre une résistance énorme pour y arriver, puisqu'il rencontre sur son passage de l'air comprimé affluent sans cesse, et qu'il lui faut atteindre une pression d'autant plus considérable pour s'écouler. C'est là, suivant M. Badois, le grand vice des ventilateurs actuels et la principale cause de leur peu d'effet utile. Il donne un moyen de diminuer cette perte; c'est de faire partir l'air tout autour de la circonférence par une fente ménagée dans l'enveloppe, et de le faire entrer immédiatement dans des conduits s'élargissant progressivement de manière à lui conserver sa vitesse et sa pression sans perte de charge.

M. Badois dit que les principes qu'il vient d'exposer sont ceux sur lesquels sont basés les appareils de M. le commandant d'artillerie Aversenq dont il a parlé dans une précédente séance.

Il trouve une confirmation de ces vues dans l'étude très-bien faite que M. l'ingénieur de ponts et chaussées, A. Durand-Claye, a publiée en 1873 sur les pompes centrifuges employées à Clichy pour l'élévation des eaux d'égoût. La vitesse de sortie dans ces appareils est celle qui résulte d'une hauteur d'eau à maintenir au-dessus de l'orifice de la pompe et a une valeur de quelque importance; dans ces conditions M. Durand-Claye démontre que l'inclinaison seule des aubes a relativement peu d'influence sur le résultat utile et que, par exemple, en faisant varier de 90° à 15° cette inclinaison on n'obtient qu'une amélioration de moins de 5 pour 100 sur le rendement.

M. Douau conteste la possibilité de comparer les ventilateurs et les pompes centrifuges. Si la question des pompes centrifuges était discutée, il prou-

verait que ces appareils ne peuvent rendre théoriquement plus de 66 p. 100, et que dans ces conditions une amélioration de 5 pour 100 sur un rendement moyen de 50 pour 100 environ est un résultat important.

M. Badois répond qu'en citant le travail de M. Durand-Claye, qui présente un modèle de discussion en ce qui concerne les rendements des pompes centrifuges, il n'a voulu en tirer que les conclusions qui lui paraissent confirmer ses idées, à savoir que, quand on est obligé d'avoir à la sortie d'un appareil centrifuge une certaine charge ou vitesse, la forme des aubes doit être déterminée en conséquence et que cette forme, considérée isolément n'a pas l'influence qu'on paraît lui attribuer sur le rendement.

Il ajoute à ce sujet qu'il croit que c'est bien plutôt dans la bonne appropriation de l'appareil aux conditions à remplir que gît la condition principale de bon rendement.

Ainsi, dans plusieurs expériences relatées par M. Durand-Claye, plus la hauteur d'élévation de l'eau augmentait, plus le rendement pratique se rapprochait du rendement théorique calculé :

Pour 13^{m}.60 d'élévation le rendement théorique calculé était 0.679, et le rendement pratique fut 0.60 ;

Pour 15 mètres d'élévation le rendement théorique calculé était 0.677, et le rendement pratique fut 0.63.

Pour 16^{m}.66 d'élévation le rendement théorique calculé était 0.675, et le rendement pratique fut 0.64.

M. Durand-Claye indique aussi que dans le service courant la hauteur d'élévation s'est trouvée réduite à 8 mètres, soit avec les pertes de charges à 10 et 12 mètres, et que dans ces conditions le rendement pratique a été un peu moins satisfaisant, soit 0.55 pour un rendement théorique calculé de 0.678.

Suivant M. Badois on doit d'après cela chercher, non pas que la vitesse absolue v' de sortie de l'appareil soit la plus petite possible, mais que cette vitesse v' soit la plus rapprochée possible de celle d'écoulement pour un débit et une pression donnés, et cela doit être vrai pour les ventilateurs comme pour les pompes.

M. Douau trouve naturel le rapport plus élevé dans les expériences de M. Durand-Claye entre le rendement pratique et celui théorique à mesure que la charge augmente; cela doit avoir lieu en effet, dit-il, parce que le rapport $\frac{pv'^2}{2g}$ diminue.

M. Ed. Roy rappelle que l'expérience a prouvé que les ailes obliques sont meilleures pour les ventilateurs à air que les ailes normales; on peut s'en rendre compte en faisant l'épure du mouvement des aubes à l'orifice de sortie du ventilateur. — Avec des aubes inclinées l'air sera projeté bien plus directement dans la direction du conduit qu'avec des ailes normales.

M. Badois ne défend pas les ailes normales dirigées suivant un rayon. Il a indiqué que la forme des aubes doit être la conséquence de la vitesse

qu'on veut obtenir à la sortie. Lorsque cette forme devient concave même pour une grande vitesse de sortie, l'aube se trouve encore en arrière du rayon qui passerait par son point de départ, de telle sorte que l'effet fâcheux signalé par M. Roy pour des ailes normales est évité, et d'ailleurs, en adoptant le système de M. Aversenq, l'air se trouve chassé directement tout autour de la circonférence dans l'espace annulaire qui l'entoure et qui est, à proprement parler, l'origine du conduit.

M. Gillot s'étonne que, dans une théorie relative aux appareils soufflants destinés aux usages métalliques, on puisse dire qu'il faut chercher à donner l'air sans vitesse. Il faut avant tout, suivant lui, se préoccuper de l'effet à obtenir. Or, si l'air arrrive dans un cubilot par exemple, avec une vitesse insuffisante, il se produira de l'oxyde de carbone et un kilogramme de charbon ne donnera que 2473 calories; si au contraire, il arrive avec la vitesse voulue, il se produira de l'acide carbonique et le même kilogramme de charbon donnera 8 000 calories. — Il faut donc construire les appareils pour obtenir cette vitesse, c'est cette question qui domine d'abord.

M. le Président résume la discussion en peu de mots. Il fait observer qu'il ne peut y avoir complète assimilation entre les ventilateurs et les pompes centrifuges. Il y a dans les premiers des espaces nuisibles, des rentrées d'air, des remous qui font que les rendements indiqués ne peuvent être considérés que comme approximations. — Il y a en tout cas une telle différence de densité entre l'air et l'eau qu'il doute que cette comparaison de leurs mouvements dans un appareil centrifuge puisse conduire à des résultats très-sérieux. Il remercie, en terminant, M. Douau de sa communication et de la clarté de son exposition.

MM. Audebert, Bömches, Bonnefond, Carez, Delporte, Henri, de Jubécourt, Mazurkiewiez, Prochaska, Proveux, Somzée, Schmidt, Steens Vasset et Vincent ont été reçus membres sociétaires et M. Lemarchand, membre associé.

Séance du 17 Novembre 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 novembre est adopté.

M. le Président annonce le décès de MM. Lepeudry père et Poulain (Jules).

L'ordre du jour appelle la discussion par les Sociétaires réunis en Assemblée générale de la modification de l'article 20 des Statuts.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que l'article 20, actuellement en vigueur, est ainsi conçu :

« Les Membres du Comité et du Bureau sont rééligibles, mais la Présidence ne peut être confiée au même Sociétaire pendant deux années consécutives. »

Et que la nouvelle rédaction présentée à l'acceptation de l'Assemblée est la suivante :

« Les Membres du Comité et du Bureau sont rééligibles, mais le Président est élu pour deux années consécutives, et n'est pas immédiatement rééligible. »

M. LE PRÉSIDENT rappelle que cette proposition de modification n'est pas nouvelle; elle a été produite il y a longtemps déjà. M. le Président croit qu'elle ne peut avoir aucun inconvénient, et qu'au contraire, elle présente des avantages que plusieurs anciens Présidents ont fait ressortir en quittant le fauteuil, au moment, disaient-ils, où ils se sentaient le mieux préparés à rendre des services réels à la Société.

M. MALDANT demande la parole contre la nouvelle rédaction de l'article 20, proposée par le Comité.

M. Maldant rappelle que l'année dernière l'Assemblée générale a repoussé une proposition de modification aux statuts qui lui semblait pouvoir être funeste pour les intérêts sociaux, et qu'elle a modifié cette proposition par un amendement longuement et mûrement discuté; il espère qu'il en sera de même pour la proposition actuelle.

L'article 20 de nos Statuts *ne permet pas* à la Société de confier la Présidence au même sociétaire pendant deux années consécutives.

Le nouvel article 20, proposé par le Comité, *obligerait*, au contraire, la Société, à conserver pendant deux années consécutives le même Président.

M. MALDANT pense que la vérité est entre ces deux rédactions extrêmes et que, comme presque toujours, elle est d'accord avec la liberté. Pourquoi enchaîner la volonté des Sociétaires? pourquoi à une prohibition opposer une obligation? Le mieux ne serait-il pas de ne faire aucune exception pour la Présidence, et de laisser la Société absolument libre de nommer, chaque année, comme cela a lieu pour les autres membres du Comité, le Président qui lui conviendrait?

Mais M. Maldant veut examiner la pensée et les intentions des auteurs des deux rédactions, l'ancienne et la nouvelle :

Les premiers auteurs de nos Statuts, en interdisant les Présidences biennales, ont voulu garantir la Société contre l'omnipotence de certains présidents, et faire place à toutes les capacités.

Les auteurs de la rédaction proposée, frappés des inconvénients pratiques d'une trop courte présidence, ont pensé que le Président d'un an quittait ses fonctions juste au moment où son expérience acquise pouvait

être le plus utilement employée pour les intérêts de la Société. Selon eux, la Présidence d'un an crée des *apprentis-Présidents* et non des Présidents réellement utiles à la Société.

Ces deux points de vue ont chacun leur valeur incontestable, et M. Maldant ne croit pas impossible de leur donner satisfaction sans blesser les justes susceptibilités des sociétaires; il suffirait pour cela, selon lui, d'ajouter seulement *deux mots* à l'article 20 actuel, qui deviendrait le suivant : « *Les membres du Comité et du Bureau sont rééligibles, mais la Pré-* « *sidence ne peut être confiée au même sociétaire pendant* PLUS DE *deux années* « *consécutives.* »

Le Président resterait ainsi soumis *tous les ans* à la réélection; il pourrait être remplacé au bout d'un an de Présidence, ou confirmé dans ses fonctions pendant une deuxième année complétant la durée *maxima* de toute Présidence.

Cette solution présenterait plus d'un avantage accessoire, indépendamment des avantages généraux qui viennent d'être énumérés : ainsi, par exemple, si la Société désirait, comme elle l'a fait en 1867, mettre à sa tête pendant l'année de l'*Exposition universelle* qui se prépare, l'un de ses Présidents honoraires, l'un de ces collègues éminents qui font la gloire de notre profession, elle n'aurait pas à mettre son dévouement à une épreuve aussi rude que celle qui résulterait de l'obligation de remplir efficacement les fonctions de Président pendant *deux* années consécutives.

M. Maldant dépose sur le Bureau, avec la signature de six sociétaires, la nouvelle rédaction de l'article 20, qui vient d'être précédemment indiquée et que les signataires opposent à la rédaction du Comité.

M. FICHET croie qu'en vue de l'Exposition universelle prochaine, il serait bon pour la Société d'avoir un Président nommé pour les deux années 1877 et 1878, et il appuie la rédaction proposée par le Comité.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que la nouvelle disposition ne pourrait être applicable à partir de 1877, parce qu'elle ne pourrait être mise en vigueur qu'après approbation par le Conseil d'État, et qu'il serait matériellement impossible d'obtenir celle-ci avant l'époque des prochaines élections du Comité et du Bureau.

M. TRESCA, tout en reconnaissant que la proposition soumise en ce moment à l'Assemblée générale a été introduite régulièrement devant le Comité, croit cependant qu'on y a apporté un peu trop de précipitation, en demandant à ce Comité de délibérer immédiatement sur une rédaction dont il n'avait pas eu préalablement connaissance. Cette rédaction, au moment de la décision, n'était même pas arrêtée d'une manière définitive, et lorsqu'à la séance suivante il a demandé à présenter quelques observations en sens contraire, il est arrivé qu'on n'a pu lui permettre de les développer.

C'est cependant sur sa proposition qu'il a été décidé que l'Assemblée générale, convoquée pour ce même jour, serait remise à une époque plus éloignée, et M. Tresca se trouve ainsi conduit à vous soumettre les doutes qu'il n'a pu faire connaître à votre Comité.

ans gravité, dans la tendance
tatuts, l'a confirmé dans ces
lite du Règlement, déjà an-
son travail, alors même que
cette persistance d'outre-
esprits, les questions de
itiles, l'emportent en im-
ssence même et la raison

rité des deux tiers des
té l'obligation de con-
consécutives. Je com-
cette nature s'était
lu élever à la Prési-
a toujours éprouvé
ins la conduite de
isqu'à présent n'a
aujourd'hui que
ır; son concours
it resté jusqu'a-
r qu'elle trouve
nelles de vos

ésidence bis-
otre bureau;
une propo-
lui-même,
ur écarter
tion, d'en

courant
ntôt les
objec-
à tout
ulée,
votre
e de

été
ne

;

sident ne répondit pas complétement à vos vues, cette proposition, si elle pouvait être admise, aurait pour effet de vous obliger à le conserver pendant deux ans. La mesure serait alors nuisible, et je ne vois vraiment pas qu'il puisse se présenter, en compensation, une seule circonstance dans laquelle elle soit réellement utile. Le concours empressé des nouveaux présidents est pour toutes les Sociétés une raison sérieuse de prospérité.

M. Jordan est de l'avis de M. Tresca, et il appuie les observations qu'il vient de présenter.

M. Deligny défend et soutient la rédaction proposée par M. le Président.

M. Maldant remarque que, d'après ce que vient de dire M. Tresca, l'Assemblée générale n'aurait pas le droit, statutairement, de voter sur une autre proposition de modification des statuts, que celle pour laquelle elle a été spécialement convoquée et qui lui est soumise par le Comité.

S'il en est ainsi, il faut s'incliner, et il demandera seulement, pour le cas où la proposition du Comité ne serait pas agréée par l'Assemblée, que le Président propose à la Société la prise en considération de la rédaction qu'il a déposée avec cinq de nos collègues.

M. Maldant fait remarquer que l'année dernière, lorsque la proposition du Comité eut été rejetée par l'Assemblée générale, celle-ci vota néanmoins immédiatement sur les autres propositions qui lui étaient soumises.

Après plusieurs observations sur la procédure à suivre pour le vote de la rédaction présentée par le Comité et la présentation d'amendements, M. le Président met aux voix la rédaction du Comité, qui est ainsi conçue :

« Les Membres du Comité et du Bureau sont rééligibles, mais le Prési-
« dent est élu pour deux années consécutives, et n'est pas immédiatement
« rééligible. »

L'Assemblée n'adopte pas la rédaction proposée par le Comité.

M. Maldant dit que plusieurs sociétaires lui expriment la crainte que la rédaction qu'il a déposée avec d'autres de nos collègues, ne soit pas bien comprise par divers membres de l'Assemblée.

Au moment de voter sur la prise en considération de cette rédaction, il est nécessaire qu'aucun malentendu n'existe sur son véritable sens, qui est, incontestablement, de soumettre *chaque année* le Président à la réélection, comme tous les autres membres du bureau; avec cette condition particulière qu'aucun Président ne pourra exercer ses fonctions pendant plus de deux années *consécutives*.

M. le Président donne lecture de l'amendement présenté par M. Maldant et cinq autres Membres de la Société, cet amendement est ainsi rédigé :

« Les Membres du Comité et du Bureau sont rééligibles, mais la Prési-
« dence ne peut être confiée au même Sociétaire pendant *plus de* deux années
« consécutives. »

La prise en considération ayant été votée par l'Assemblée, l'amendement

de M. Maldant doit être renvoyé à l'examen d'une Commission de cinq Membres nommés en séance.

Il est procédé au vote, et MM. Gaudry, Jordan, Maldant, Molinos et Tresca, sont nommés Membres de la Commission, qui doit présenter un rapport au Comité.

L'Assemblée reprenant le cours de sa séance à titre de réunion ordinaire, M. le Président donne la parole à M. Périssé.

M. Périssé donne lecture de sa communication sur la fabrication de l'acier, analyse des Mémoires lus et discutés, en 1875, à la Société des Ingénieurs civils de Londres.

Cette analyse devant être reproduite *in extenso*, dans le prochain Bulletin, il suffira de rappeler ici qu'elle donne un résumé des deux importantes communications de M. W. Hackney et de M. J.-T. Smith, ainsi que des discussions auxquelles ces communications ont donné lieu.

Les points principaux qui ont été traités sont les suivants :

Définition du mot acier.
Divers modes de production de l'acier.
Procédés industriels pour la fabrication.
Acier en creusets.
Acier Bessemer.
Acier Martin-Siemens.
Influence des substances étrangères sur les propriétés physiques des aciers; carbone, manganèse, soufre, silicium, phosphore, etc.
Meilleurs modes de travailler les lingots. Laminoirs dégrossisseurs et finisseurs.
Méthode Smith pour essayer les rails.
Influence du traitement mécanique et du recuit sur les propriétés physiques des aciers.

M. Jordan demande à protester contre l'expression de *système américain* employée dans le résumé de M. Périssé, pour désigner la disposition de train de laminoirs trijumeaux, dans laquelle le cylindre médian est mâle, les cylindres inférieur et supérieur étant tous deux femelles. Cette disposition a été essayée en France, aux forges d'Anzin, par MM. de Molin et Serment, ingénieurs de cette usine, qui l'ont imaginée en 1858, et a fait l'objet d'un brevet de cette date, pris au nom de M. Léon Talabot, président du conseil d'administration des forges d'Anzin, antérieur au brevet américain qui a été pris depuis. Le finissage des fers profilés à trois cylindres est une invention française.

Quant à l'essai des rails d'acier au moyen du poinçonnage, M. Jordan doute que les Compagnies françaises de chemins de fer consentent à laisser ainsi traiter les rails à elles destinés.

M. le Président remercie M. Périssé de son intéressante communication

et il fait appel au concours des Membres de la Société, pour apporter plus souvent des analyses des principaux Mémoires présentés, à l'étranger, aux Sociétés similaires.

Séance du 1er Décembre 1876.

PRÉSIDENCE DE M. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT fait observer à propos de la rédaction du procès-verbal de la dernière séance que la partie du discours de M. Tresca, commençant par ces mots : *une circonstance qui n'est pas, suivant lui, sans gravité*, et finissant par ceux-ci : *qui sont l'essence même et la raison d'être de notre institution,* est conçue en termes qui vont certainement au delà des intentions mêmes de l'orateur, car ils qualifient d'une manière blessante une Commission nommée par la Société elle-même pour étudier la révision des Statuts, et qui a fonctionné jusqu'au bout de ses travaux, c'est-à-dire, jusqu'à la remise de son Rapport, de la manière la plus légale.

M. LE PRÉSIDENT regrette que le procès-verbal n'ait pas reproduit les explications qu'il a fournies en séance à M. Tresca, relativement au rôle de cette Commission et de l'attitude du Comité vis-à-vis d'elle, explications qui tendaient à établir que jamais le Comité n'avait sacrifié les travaux professionnels pour laisser place à une discussion sur la révision des Statuts; M. Tresca l'aurait constaté si ses occupations lui avaient permis d'assister plus souvent aux séances du Comité.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que, du reste, il n'y a qu'à lire les procès-verbaux des séances et le Bulletin de la Société, pour le convaincre que le temps de la Société a été employé d'une manière très-intéressante par de nombreuses et utiles communications.

M. GOSCHLER demande, comme Président de la Commission de révision des Statuts, à confirmer les observations de M. le Président, en protestant contre les expressions employées à l'égard de la Commission qu'il présidait. Il exprime le regret que, par suite d'un désaccord d'opinion qui est toujours permis entre les Membres d'une même Assemblée, M. Tresca ait oublié la courtoisie qui est de règle dans nos discussions.

M. MALDANT demande à faire observer que le procès-verbal reproduit inexactement l'opinion soutenue par M. Déligny, qui n'a pu soutenir la pro-



position du Comité, puisqu'il est un des signataires de l'amendement qui a été pris en considération par la Société.

Il est donné acte à M. Maldant de cette rectification au procès-verbal.

M. Brull demande qu'il reste établi au procès-verbal que M. Tresca a protesté contre toute discussion qui détournerait la Société de ses travaux réglementaires. Il estime que M. Tresca a eu parfaitement raison de présenter cette opinion.

M. le Président répond à M. Brüll qu'il doit savoir mieux que personne, lui membre du Comité, que le Président a veillé avec un soin constant à ce que les discussions ne s'égarent ni dans le sein du Comité, ni dans la Société; M. le Président croit pouvoir dire qu'il a atteint le but désiré, et donne pour preuves les travaux de la Société en 1876.

M. Lévy Alvarès regrette l'incident qui s'est produit à propos du procès-verbal, et il estime qu'il ne se serait pas produit, si la rédaction du procès-verbal avait été mieux faite et mieux surveillée.

M. le Président répond que malheureusement la rédaction du procès-verbal est souvent livrée à l'imprimerie trop tard pour qu'il y soit fait les corrections utiles, parce que les orateurs renvoient tardivement la rédaction des secrétaires qui leur est communiquée, ou celle qu'ils font eux-mêmes. Les demandes de rectifications au procès-verbal ont précisément pour but de détruire ce que le travail des secrétaires et du Président peut avoir d'incomplet, soit par oubli, soit par mauvaise interprétation de la pensée des orateurs.

Après l'échange, et sous bénéfice de ces observations, le procès-verbal est adopté.

M. le Président annonce à la Société qu'il a reçu de la Société technique de l'industrie du gaz en France le programme d'un concours ouvert par cette Société pour deux prix à décerner en 1876-1877.

PRIX DE 500 FRANCS.

Un prix de 500 francs, voté par l'Assemblée générale du 24 mai 1876, sera décerné à l'auteur du meilleur Mémoire inédit, en français, *sur les progrès réalisés depuis dix ans dans l'Industrie du gaz.*

Ce travail devra être une étude approfondie et non pas seulement un examen historique : chaque auteur sera libre de traiter plus spécialement une des parties principales de l'industrie.

PRIX DE 250 FRANCS.

Un prix de 250 francs, offert par un membre du Comité, sera décerné à l'auteur du meilleur Mémoire inédit, en français, *sur un sujet quelconque concernant l'Industrie du gaz.*

PROGRAMME :

1° Toute personne, française ou étrangère, membre de la Société technique ou non, est apte à concourir.

3° Les mémoires devront porter en tête une devise. Cette devise sera reproduite sur une enveloppe cachetée qui contiendra le nom de l'auteur.

4° Les manuscrits devront être adressés à M. Eugène Lebon, Président, 11, rue Drouot, avant le 1er mars 1877.

5° Tous les mémoires resteront exposés aux archives de la Société.

6° Les mémoires couronnés seront reproduits dans le compte rendu annuel.

7° Les prix seront décernés par le Comité sur le rapport d'une Commission de cinq membres nommés par lui.

8° Les prix seront distribués en Assemblée générale.

Nota. — Pour faciliter la publication, les dessins annexés aux Mémoires doivent, autant que possible, être fournis en noir, sans teintes et dans un format réduit.

Il est ensuite donné communication d'une lettre de M. Carron, membre de la Société, relative à la discussion qui a eu lieu sur les ventilateurs dans les séances précédentes.

M. Carron fait connaître un dynamomètre de rotation qui lui a servi dans l'étude d'une classe de ventilateurs.

Pour mesurer un travail qui passe sans l'éteindre, comme le fait le frein de Prony, on a imaginé diverses dispositions plus ou moins avantageuses.

Lorsque des physiciens ont à opérer un tel genre de détermination, les effets qu'ils produisent sont généralement très-faibles, ils se contentent de créer un travail moteur rigoureusement mesurable; c'est le plus souvent un poids qui tombe suspendu à une corde qui entraîne la mécanique, dont les effets doivent être mesurés. Ce fut par ce procédé que Joule détermina l'équivalent mécanique de la chaleur. Ce dispositif est simple et exact; c'est le tourne-broche scientifique. Il n'est guère applicable qu'aux expériences de laboratoire.

Il y a toute une série de dynamomètres fondés sur les propriétés des engrenages épicycloïdaux, ou sur diverses combinaisons mécaniques; ces appareils sont délicats pour les usages des expériences industrielles.

M. Carron a pensé faire servir à cet ordre d'idées un dispositif qui n'est pas absolument nouveau, puisqu'on le doit à Huyghens; c'est le remontoir des horloges à poids, permettant de relever le poids moteur, sans interrompre le mouvement des aiguilles; système appliqué aussi à ce qu'on a appelé remontoir d'égalité.

Il n'est sans doute pas nécessaire de décrire ce remontoir bien connu, qui réalise le poids sans fin. Il est maintenant facile de saisir comment il peut se transformer en dynamomètre.

Imaginons une horloge armée de ce remontoir, et dont la marche soit de huit jours. A la fin de chaque semaine, il faudra tourner le remontoir pour emmagasiner, sous forme de poids qui tombe, le travail qui sera dépensé ultérieurement; et pendant le remontage, le mouvement des aiguilles n'est troublé en aucune façon. Il est clair que je pourrais aussi remonter à chaque

instant mon horloge, le poids sera alors immobile, et je transmettrais à la clef un travail qui sera le même que si le poids descendait. Chaque tour correspond à un travail égal à celui qu'on communique aux poids quand l'horloge étant supposée arrêtée, on fait faire un tour à la clef. Si on exécute la manœuvre comme il a été dit plus haut, on aura le travail transmis par un simple comptage de tours.

Au lieu d'être appliqué à une horloge on peut atteler le remontoir d'Huyghens à tout autre appareil mécanique, à un ventilateur, par exemple. Ainsi construit, un dynamomètre se trouve ramené à une extrême simplicité, et possède une très-grande exactitude. Son mode d'action est le même que celui des dynamomètres épicycloïdaux, mais avec une construction bien moins exigeante.

S'il s'agissait de mesurer des travaux un peu considérables, on pourrait remplacer la corde sans fin de Huyghens par une chaîne de Galli. Et si les travaux à mesurer étaient variables, on remplacerait le poids moteur par un ressort, on ajouterait une roulette planimétrique, permettant d'intégrer mécaniquement les éléments de travail.

La corde de Huyghens conviendrait aussi parfaitement à la construction d'un régulateur rigoureusement isochrone, pour une position n'importe laquelle de la valve de régulation.

Ce dynamomètre très-simple, très-exact et très-peu dispendieux, lui ayant rendu de grands services dans les déterminations qu'il avait à faire, M. Carron a pensé qu'il pourrait être de quelque intérêt aux personnes qui s'occupent de recherches expérimentales. Tel a été l'objet de sa communication.

M. Marché donne communication de son Mémoire sur le mécanisme des tarifs appliqués sur les chemins de fer français pour le transport des marchandises à petite vitesse.

Il expose que les tarifs des Compagnies françaises pour le transport des marchandises à petite vitesse sont, depuis plusieurs années, l'objet de discussions nombreuses à raison de l'élévation des prix et à raison de leur forme, de leur mécanisme et de leur multiplicité.

Des réclamations, des plaintes mêmes se font entendre dans les enquêtes où sont appelés les industriels et les chambres de commerce; ces plaintes ont leur écho dans les discussions de nos Assemblées législatives, on en retrouve la trace dans toutes les polémiques soulevées dans la presse et dans les débats parlementaires entre les grandes Compagnies à l'occasion des concessions nouvelles, des chemins d'intérêt local ou des questions d'amélioration de nos voies navigables.

Ces plaintes sont-elles justifiées ou ne sont-elles dictées que par des intérêts privés?

Les Compagnies y répondent en montrant qu'elles transportent les marchandises à un prix *moyen* de *six centimes* par tonne et par kilomètre, qu'elles ont abaissé les prix de transport des matières premières à 5, 4 et

3 centimes, bien au-dessous des tarifs maxima inscrits à leurs cahiers des charges, et que, quoiqu'elles y fussent autorisées en droit, elles n'ont jamais relevé leurs prix, etc.

Ces explications sont-elles plausibles et basées sur autre chose que des calculs de *moyennes,* dans lesquelles se noient et sont masqués les résultats défavorables ?

Beaucoup d'esprits impartiaux et désintéressés se sont posé ces deux questions, et ont cherché à les résoudre de manière à se former une opinion sérieusement raisonnée.

Ils ont dû naturellement chercher d'abord à se rendre compte des données primordiales du problème, c'est-à-dire à connaître le mécanisme et le taux des tarifs en vigueur.

Dans ce but on n'a à consulter que le *Recueil genéral des Tarifs des Chemins de fer,* publié chaque année par l'imprimerie Chaix et Cie.

Ce recueil est un volume de plus de 1,000 pages, comprenant quelques centaines de pages de *barêmes* pour les tarifs *généraux* et un nombre considérable, 4 à 500, de tarifs *spéciaux, communs, internationaux*, etc.

Lorsqu'on a passé quelques heures à l'examen et à l'étude de ce laborieux assemblage de chiffres, on constate qu'il y a des tarifs peu élevés pour certains transports, que chaque Compagnie a des prix différents pour le transport des mêmes marchandises à des distances égales, que les tarifs sont nombreux, qu'ils sont compliqués, etc., mais il paraît bien difficile d'apprécier la méthode qui a présidé à l'élaboration de tout cet ensemble.

Il ne faut donc pas s'étonner si les intéressés se sont bornés à acquérir péniblement une connaissance plus ou moins complète de ceux des tarifs qui les concernent personnellement, et si, par suite, les appréciations faites sur ces tarifs sont si diverses suivant les localités de départ et d'arrivée, la nature des marchandises transportées, etc.

Ceux qui sont bien servis par les tarifs qui s'appliquent à leurs transactions personnelles ne se plaignent pas, les autres font grand bruit, mais le public et l'État ne savent nullement à quoi s'en tenir.

M. Marché se propose d'examiner d'abord le *mécanisme* des tarifs, c'est-à-dire les lois suivant lesquelles les Compagnies font varier les prix d'après la *nature* des marchandises transportées, les *distances* parcourues, l'*importance* des expéditions, les *délais* de livraison, la *situation géographique* des régions parcourues, la *responsabilité* encourue, etc., en étudiant successivement le tarifs *généraux*, les tarifs *spéciaux* et les tarifs *communs*.

Cela fait, il paraîtra sans doute utile d'apprécier les avantages et les inconvénients de ces méthodes au point de vue de l'intérêt général, celui des Compagnies tout comme celui de l'industrie et du commerce. Pour faire cette appréciation, le mieux sera de comparer les prix appliqués et la manière dont ces prix varient avec les données de chaque espèce de transport avec les *prix de revient* variant suivant les mêmes données.

Enfin, cette comparaison faite, on pourra voir dans quelles limites il y

leurs taux, si la nécessité de cette révision ressort des deux premières parties de cette étude.

M. Marché s'occupe d'abord des *tarifs généraux*, qui sont, en principe, la règle à appliquer sur tout le réseau d'une Compagnie aux marchandises pour le transport desquelles il n'est dérogé en rien aux conditions ordinaires de tonnage, de délai et de responsabilité.

Le cahier des charges de toutes les Compagnies leur accorde l'autorisation de percevoir un tarif légal comprenant une division des marchandises en quatre classes, et fixant un prix par tonne et par kilomètre de 0f.16, 0f.14 et 0f.10 pour les trois premières, et de 0f.08, 0f.05 et 0f.04 pour la quatrième classe suivant le parcours.

Le prix total d'un transport donné, au tarif légal, résulte donc des deux éléments, la *nature* de la marchandise qui détermine la série dans laquelle elle est classée, et par suite le prix par kilomètre et la *distance kilométrique* à parcourir, à laquelle le prix total est proportionnel.

Les tarifs généraux des Compagnies diffèrent très-sensiblement de ce tarif légal qu'elles auraient le droit absolu de percevoir.

Pour comprendre le mécanisme des tarifs généraux, il faut analyser les divers barêmes qui donnent, pour chaque classe, les prix totaux de station à station; on peut dans ce but diviser chaque prix par la distance correspondante et comparer les taux par kilomètre qui en résultent aux bases constantes du tarif légal.

Mais le mieux est de traduire les barêmes en un tracé graphique, en prenant pour abscisses les distances kilométriques et pour ordonnées les prix des barêmes. On aura ainsi pour chaque série une ligne dont le tracé et la direction permettent de définir la loi de variation des prix avec la distance.

M. Marché met sous les yeux des Membres présents les tracés ainsi obtenus pour les tarifs généraux de nos six grandes Compagnies et ceux des chemins de l'État belge.

Il analyse successivement ces divers tracés qui montrent que les prix varient avec les distances parcourues, suivant des lois différentes, d'une Compagnie à l'autre, pour la même Compagnie d'une série à l'autre, et dans la même série, suivant la zone considérée.

On trouve cinq types de tarifs, représentés par les équations suivantes :

(1) $y = b$ droite horizontale.
(2) $y = ax$ droite passant par l'axe des x.
(3) $y = ax + b$ droite coupant l'axe des y au-dessus de l'origine.
(4) $y = ax - b$ droite coupant l'axe des y au-dessous de l'origine.
(5) $y = f(x)$ courbe.

C'est la relation $y = ax + b$ qui est la plus rationnelle et qui devrait être appliquée généralement.

M. Marché examine ensuite les tarifs spéciaux, la question des délais de

livraison et la manière dont varie le prix de revient, suivant la nature des marchandises, les parcours, les wagons employés et la répartition du trafic.

Il conclut à une révision générale des tarifs consistant surtout à en simplifier l'ensemble, en adoptant un mécanisme uniforme pour tous les tarifs.

On trouvera tous les détails relatifs au système proposé dans la Note qui sera publiée *in extenso* dans le prochain Bulletin.

M. le Président donne ensuite la parole à M. Rubin, pour résumer une *Introduction à l'étude des communications entre l'Europe et l'Asie*.

M. Rubin fait d'abord remarquer que plusieurs Membres de la Société se sont occupés de cette question. Il cite MM. A. Barrault, E. Simon, Goschler, Cotard, de Lesseps. Il ajoute qu'un chemin de fer transasiatique est encore plus nécessaire que le chemin transaméricain. Il y a 200 000 000 d'habitants dans l'Inde, et 400 000 000 en Chine. Le commerce extérieur de l'Inde est de 2 700 000 000 de francs, celui de la Chine, pays presqu'encore fermé, est de 1 200 000 000 de francs.

La première partie du travail de M. Rubin est la bibliographie de 24 ouvrages qu'il a consultés sur ce sujet. Pas un fait n'a été avancé sans preuves. Les cartes consultées, cartes d'ensemble et de détail, sont d'origine allemande et russe. Les chiffres produits sont extraits de nos Annales du commerce extérieur. Les détails fournis viennent des récits des voyageurs sérieux.

M. Rubin rappelle ensuite l'état actuel des communications par mer;

Celui des communications avec l'intérieur de l'Asie, par les fleuves, en insistant sur les projets d'amélioration des grandes voies navigables.

Il indique ensuite la route de terre suivie actuellement par les marchands de thé, qui vont de Kalgan (Chine), à la foire de Nijni-Novgorod. C'est la route que M. Rubin croit devoir être suivie par le premier grand chemin de fer, à travers l'Asie. Route passant par le désert de Gobi, Ourga, Kiachta, Irkoutsk, Krasnoïarsk, Tomsk, Omsk, Tumen, Ekaterinbourg, Kazan, Nijni.

Dans deux ou trois ans le chemin de fer aboutissant à Nijni sera prolongé jusqu'à Tumen.

Une carte dressée spécialement a été distribuée dans la salle pour permettre aux auditeurs de suivre les routes indiquées.

M. Rubin arrive à la partie la plus détaillée de son travail, celle des chemins de fer de l'avenir. Il examine préalablement les principaux projets présentés :

A. — Celui, bien connu, de MM. de Lesseps et Cotard, le Central Asiatique, communication entre la Russie et l'Inde.

M. Rubin rappelle les principales objections qui sont faites à ce projet : traversée des montagnes de l'Hymalaya à 4000 mètres de hauteur, passage à travers l'Afghanistan, pays non soumis, et où l'Angleterre et la Russie se trouvent en présence.

B. — Vient ensuite le projet de M. de Richtoffen, savant voyageur, président de la Société de géologie de Berlin. Projet de chemin de fer à travers la Chine, et raccordement avec les futures lignes sibériennes à Semipalatinsk, par le désert de Gobi.

M. Rubin croit que ce projet serait d'une exécution difficile et coûteuse. Le sol de la Chine est assez accidenté et sillonné par des rivières. De plus, les Chinois se prêtent peu à l'introduction des étrangers dans leurs affaires. Enfin, les expropriations, et surtout le déplacement des tombeaux, que l'on rencontre jusque dans les maisons, seraient la source de difficultés considérées comme actuellement invincibles par des Chinois intelligents.

C. — Vient enfin le projet Bogdanowitsch, ou plutôt le projet Bogdanowitsch-Meissel.

Le docteur Meissel est un savant allemand qui, en 1871, a proposé l'établissement d'une ligne de premier ordre, entre Rotterdam et Tien-Tsin, en suivant la route des marchands de thé, dans la partie Chino-Sibérienne.

Le colonel d'état-major russe, Bogdanowitsch, a présenté l'an dernier à Paris, au Congrès international géographique, un projet qui ne diffère du précédent qu'en ce que, entre Kalgan et Irkoutsk, le colonel croit préférable de passer par la Mandchourie.

M. Rubin adopte le tracé Meissel comme le plus court, et celui qui est sur une moins grande longueur sur territoire chinois. Ce tracé est presque partout en pays plat; ailleurs, les rampes ne dépasseront pas $0^{m},010$ par mètre.

M. Rubin examine ensuite spécialement le cas d'un chemin de fer chino-sibérien. Il fait remarquer que, sauf MM. Cotard et de Lesseps, tous les autres auteurs de projets, non ingénieurs, sont restés presqu'uniquement sur le terrain géographique. M. Rubin a repris la question à un point de vue plus pratique et technique. Les solutions apportées plus loin lui sont personnelles.

Il donne d'abord et successivement dans son travail les tableaux suivants :

A. — Importations générales en Chine.

B. — Exportations générales de Chine.

C. — Importations et exportations de Russie en Chine, de 1856 à 1866.

D. — Importations et exportations de Russie en Chine, par Kiachta.

Il donne ensuite des détails sur les conditions actuelles d'un voyage en Chine par terre. A ce sujet, son travail contient les tableaux suivants :

E. — Distances entre les principales stations.

F. — Durée du trajet en traineau entre chaque station.

M. Rubin entre ensuite dans des développements sur le tracé qu'il croit le plus immédiatement exécutable.

Aux tableaux précédents, son travail joint un tableau :

G. — Cotes de niveau des principales stations.

M. Rubin discute ensuite les objections que l'on peut faire à un chemin chino-sibérien.

a. — Le froid, c'est un inconvénient commun à toutes les lignes trans-asiatiques, même au Central-Asiatique. C'est une question de chauffage de wagons, résolue en Russie et en Amérique.

b. — La neige, même réponse qu'à l'objection précédente. M. Rubin rappelle les précautions prises en Russie et au Central-Pacifique, pour combattre les amoncellements de neige : lignes de palissades et tunnels en bois.

M. Rubin examine après cela le cas particulier de la traversée du désert de Gobi. Il montre que sur le Central-Pacifique il y a des sections au moins comparables. Il entre dans des détails sur le Gobi, désert bien connu par les récits des voyageurs, et les travaux des savants qui l'ont parcouru dans tous les sens, le lieutenant d'état-major russe Przewalsky, entre autres.

20 000 tonnes de thé traversent annuellement ce désert. Les dépêches venant de Paris pour Péking vont jusqu'à Kiachta, et de là sont portées à travers le Gobi, par des courriers Mongols. La femme de notre ambassadeur en Chine, Mme de Bourboulon, a traversé ce désert en voiture suspendue. Enfin, l'an dernier un cirque français est arrivé par terre à Péking.

Le désert de Gobi est donc tout-à-fait viable. Les sables, sur la route à suivre, n'y sont pas à craindre, pas plus que dans les steppes traversés par le Central-Asiatique.

Selon M. Rubin, le chemin de fer Chino-Sibérien, doit d'abord être construit d'une façon provisoire économique. Dans la partie sibérienne, voie en bois comme au Canada; dans la partie Mongole et Chinoise, voie entièrement métallique.

En Sibérie les machines seraient chauffées au bois. En Mongolie et en Chine avec la houille chinoise, déjà utilisée par les steamers européens et américains.

L'eau, dans le désert de Gobi, serait fournie par les ressources actuelles, et par des puits d'où elle serait montée par des moulins à vent, comme sur le Central-Pacifique.

M. Rubin termine en analysant le devis détaillé contenu dans son Mémoire, devis pour lequel il s'est servi de l'excellent travail de M. J. Morandière, sur les chemins de fer secondaires. Il conclut à une dépense de

600 000 000 de francs pour 5350 kilomètres. Soit 112149 francs le kilomètre.

Il ajoute qu'il croit à la raison d'être de tous les projets présentés, et à leur raccordement entre eux, mais que selon lui, le plus immédiatement exécutable est le chemin chino-sibérien.

M. le Président fait observer que les difficultés qu'a signalées M. Rubin pour l'établissement des lignes asiatiques, ne seront peut-être pas si faciles à lever qu'il le suppose. En outre, il a été frappé d'une chose, c'est du faible tonnage que représentent les marchandises d'une valeur considérable qui forme le principal objet du trafic. En effet, pour une valeur de 600 millions, le tonnage ne serait que de 20 mille tonnes; fût-il même du double, ce serait encore bien peu pour apporter un aliment suffisant à un chemin de fer, dont le prix d'établissement représente une somme considérable. Il y a là une considération qui ne contribuera pas à faciliter la solution de la question.

M. Rubin ne conteste pas la valeur de l'objection, mais il tient à rappeler que les lignes d'Asie, qui sont toutes d'exécution très-difficile, sont des lignes beaucoup plus politiques que commerciales, pour lesquelles on ne doit pas espérer de rendement *immédiat*.

La Russie construit en ce moment la ligne se dirigeant vers le Turkestan, par Samara et Orenbourg; le trafic y sera extrêmement faible et ne comportera qu'un train de marchandises par semaine; c'est cependant une ligne avec voie définitive, établie en rails d'acier venant de France; elle est considérée comme *ligne d'avenir*, et à ce titre les Russes n'ont pas reculé devant le coût d'établissement.

On peut ajouter que le chemin chino-sibérien, passant à Irkoutsk, se trouve au centre d'un bassin minier de premier ordre, celui du Baïkal, où l'on exploite déjà activement des mines d'or. Il y a lieu d'admettre que les Chinois afflueront de ce côté lorsque la ligne sera construite.

M. le Président remercie M. Rubin de son intéressante communication.

MM. Audenet, Bartissol, Chevalier, de Chopitéa, Denis, Doat, Fradera, de Gisper, Gaumy, Hignette, Le Blond, Leloutre, de Pischof, Quesnel, Rabeuf, Robin, Rousseau, Tabary, Tay, Thomasset, Vial et Zschokke ont été admis comme Membres sociétaires, et M. F. Schmidt comme Membre honoraire.

Séance du 15 Décembre 1876.

PRÉSIDENCE DE M. L. RICHARD.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er décembre est adopté.

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'Exposé de la situation financière de la Société.

M. LOUSTAU indique que le nombre de Sociétaires, qui était, au 17 décembre 1875, de	1263
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de	114
	1377
A déduire, par suite de décès, démissions et radiations pendant l'exercice 1876	31
Nombre total des Sociétaires au 15 décembre 1876	1346

Les recettes effectuées pendant l'exercice 1876 se sont élevées à :

		fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant, droits d'admission, cotisations, etc.		45,159 10	59,159 10
2° Pour le fonds social inaliénable, exonérations	3,000f 00	14,000 00	
Legs Nozo et P. Séguin	11,000 00		
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations			18,391 00
Total des encaissements et des sommes dues à la Société à la fin de l'exercice			77,550 10

Au 17 décembre 1875, *le solde en caisse* était de	7,569 95	66,729 05
Les recettes effectuées pendant l'exercice 1876 se sont élevées à	59,159 10	

(*En portefeuille*, provenant d'un achat antérieur à l'exercice 1876, 50 obligations du Midi ayant coûté 15,846f 65).

Les sorties de caisse se sont élevées à :

1° Pour dépenses diverses, impressions, appointements, affranchissements, intérêts de l'emprunt, etc.	37,229 88	53,328 03
2° Achat de 31 obligations du Midi au porteur, appartenant à l'avoir du fonds courant	10,098 15	
3° Achat de 19 obligations du Midi au porteur. (Emploi du legs Nozo : — capital inaliénable)	6,000 00	
Différence restant en caisse à ce jour		13,401 02

D'après le détail de la situation présentée par le trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante, à la date du 15 décembre 1876.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces.	11,390 30
2° De 50 obligations du Midi, ayant coûté.	15,846 65
3° De 31 obligations du Midi, ayant coûté.	10,098 15
Total de l'avoir du fonds courant.	37,335 10

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° Un hôtel qui a coûté une somme de.	278,706f 90
2° En espèces..	2,010 72
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo. . . .	6,000 00
Total du fonds inaliénable.	286,717f 62

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du Trésorier; ces comptes sont approuvés.

M. le Président adresse au nom de la Société des remerciements à M. Loustau, pour sa bonne gestion et son dévouement aux intérêts de la Société.

Il est ensuite procédé aux élections des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1877.

Ces élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président :

M. De Dion (Henri).

Vice-Présidents :

MM. Arson (Alexandre).
Goschler (Charles).
Mathias (Félix).
Brüll (Achille).

Secrétaires :

MM. Mallet (Anatole).
Rey (Louis).
Badois (Edmond).
Armengaud (jeune fils).

Trésorier : Loustau (G.)

COMITÉ.

MM. Desgrange (Hubert).
Ermel (Frédéric).
Demimuid (René).
Forquenot (Victor).
Marché (Ernest).
Farcot (Joseph).
Chobrzynski (Jean).
Chabrier (Ernest).
Périssé (Sylvain).
Dietz-Monnin (Charles).

MM. Péligot (Henri).
Vée (Léonce).
Morandiere (Jules).
Mathieu (Henry).
Courras (Philippe).
Ronna (Antoine).
Barrault (Émile).
Tresca (Alfred).
Orsat (Louis).
Rubin (Arthur).

INTRODUCTION

A L'ÉTUDE DES COMMUNICATIONS

ENTRE

L'EUROPE ET L'ASIE

Par M. RUBIN.

La question des communications entre l'Europe et l'Asie est une question d'ordre mixte : géographique, politique, sociale, économique, technique. Elle devient tous les jours plus intéressante à tous les points de vue, et mérite, maintenant, d'être examinée spécialement par les ingénieurs.

La voie de mer semble ne plus devoir suffire, malgré le raccourcissement notable obtenu par l'admirable percement de l'isthme de Suez. On songe aujourd'hui aux routes de terre. Depuis la construction du Central-Pacifique qui, dans un avenir peu éloigné, aura deux concurrents, l'un au nord, l'autre au sud, on s'est habitué à l'idée de lignes de plusieurs milliers de kilomètres, traversant des déserts, mais reliant des mondes à leurs extrémités. Il y a 200 millions d'habitants dans l'Inde, et 400 millions en Chine; nous négligeons les autres pays de l'Asie. Le commerce extérieur de l'Inde, importation et exportation, est de 2,700,000,000 de francs; celui de la Chine, de 1,200,000,000, sans compter environ 120,000,000 introduits en contrebande. Le commerce de la Chine ne peut qu'augmenter, au fur et à mesure que ce pays s'ouvrira.

Plusieurs membres de notre Société se sont déjà préoccupés du sujet auquel nous nous intéressons aujourd'hui. M. A. Barrault, aidé de son frère, M. E. Barrault, a fait autrefois le projet d'une ligne entre Constantinople et Bassora. En 1871, notre collègue M. E. Simon insérait

dans nos Mémoires une traduction d'un projet d'un ingénieur anglais, M. G. Latham, sur l'établissement d'un chemin de fer entre Alexandrette, au bord de la Méditerranée, et Kurnah, au bord du golfe Persique; la ligne suivant la vallée du Tigre.

C'est à MM. de Lesseps et Cotard que l'on doit le projet du Central-Asiatique. Enfin, tout récemment encore, M. Goschler nous a entretenus des chemins de fer de l'Asie-Mineure.

Le présent travail a pour but de résumer l'état de la question des communications entre l'Europe et l'Asie, en insistant autant que possible sur le côté technique. Nous discuterons les solutions présentées jusqu'ici, et nous développerons, suivant nos idées, le projet de chemin de fer qui nous semble le plus immédiatement exécutable.

Ce travail est divisé en huit parties :

I. — Indications bibliographiques; ouvrages consultés par nous.

II. — Communications, par mer, de l'Europe jusque dans les ports de l'Asie.

III. — Communications par mer et fleuves jusque dans l'intérieur.

IV. — Communications par terre actuelles.

V. — Communications par terre projetées. Discussion des principaux projets de chemins de fer.

VI. — Examen spécial du cas d'un chemin de fer passant par la Sibérie.

VII. — Développements sur le tracé que nous croyons le plus immédiatement exécutable.

VIII. — Conditions générales d'établissement, selon nous, du chemin Chino-Sibérien. Estimation approximative des dépenses dans le cas du projet Meissel-Bogdanowicht, réalisé suivant nos idées.

Une carte d'Asie, que nous avons composée spécialement d'après les cartes de MM. Bonnefond, Cotard et Hochstetter, permettra de suivre ce travail. (Voir planche n° 89.)

I. — Les *principaux ouvrages et documents consultés par nous*, sont :

1. — Les excellentes cartes d'ensemble du *Hand-Atlas* de Stielers, cartes dues à MM. Petermann, Berghaus et Vogel.

2. — Les cartes de détail, et les analyses de voyages récents données dans les *Geographische Mittheilungen* de Petermann.

Voir notamment dans le n° 1 de 1876, une carte du grand désert asiatique : le Gobi des Mongols, le Scha Mo des Chinois. Cette carte indique toutes les routes des caravanes et les parcours des voyageurs scientifiques, notamment, le plus récent, celui du lieutenant Przewalsky de l'état-major russe. Cet officier vient de recevoir une haute distinction de la part de notre Société de Géographie.

Tous les points principaux, sur ces cartes, ont une cote de niveau.

3. — L'*Atlas statistique de la Russie d'Europe et d'Asie*, par le colonel d'état-major russe Illine.

4. — L'*Année géographique*, excellente publication dirigée par M. Vivien de Saint-Martin, mais à laquelle il manque des cartes pour égaler le n° 2.

5. — Voyage de madame de Bourboulon de Péking à Paris, par terre. Le récit de ce voyage a été complété par M. le commandant du génie Bouvier, lequel accompagnait notre ambassadeur en Chine, et sa femme.

6. — Voyage de M. Maignan de Paris à Péking, par terre.

7. — Voyages en Mandchourie, Mongolie, Thibet et Chine, du père Huc, missionnaire français. Cet ouvrage est des plus curieux.

8. — Voyages en Chine du père David.

9. — Voyages de M. et Mme Atkinson en Sibérie et en Mongolie.

10. — Voyage de l'expédition française du Mékong. Récit du très-regrettable lieutenant Garnier.

11. — Voyage de V. Jacquemont dans l'Inde.

12. — Voyage de M. L. Rousselet dans l'Inde des radjahs tributaires des Anglais.

13. — Voyage de M. Lejean dans l'Inde. Ce voyageur, dont la perte est fâcheuse, a séjourné à Srinagar, au pied de l'Himalaya.

14. — Voyage de M. Vambéry dans le Turkestan.

15. — Voyage de M. Veretchaguine, d'Orenbourg à Khiva.

16. — *La Chine*, par M. Sinibaldo de Mas, ancien ministre plénipotentiaire espagnol.

17. — La *Revue maritime et coloniale* a donné, en janvier et février 1872, un utile travail sur la Chine, par M. le lieutenant Cave.

18. — La nouvelle revue publiée sous le patronage de M. Ménier, la *Réforme économique*, donne, dans ses numéros de septembre 1876,

un article de G. de Rialle, sur les voies de communication entre le sud de la Chine et la mer. Exploration du fleuve Rouge par M. Dupuis.

19. — Le *Journal des Économistes*, numéro de juin 1875, a publié un bon travail de M. Front de Fontpertuis sur le commerce de la Chine.

20. — Les *Annales du commerce extérieur*, publiées par le ministère du commerce, nous ont fourni tous les chiffres cités sur le commerce de l'Europe avec l'Asie et vice-versa.

21. — L'ouvrage de M. l'ingénieur en chef Malézieux sur les travaux publics en Amérique, contient, sur le chemin de fer Central-Pacifique, des notions fort utiles pour l'étude des chemins de fer à construire en Asie.

22. — Le travail si complet de M. J. Morandiere sur les chemins de fer *secondaires*, travail publié dans nos Mémoires, cite des exemples à noter de chemins économiques, et même de chemins à rails en bois et à traction de chevaux.

23 — Le journal l'*Explorateur géographique et commercial* a donné, entre autres, une longue communication de M. l'ingénieur Stuart sur le Central-Asiatique, et une communication du colonel Bogdanowicht, sur un projet de chemin de fer reliant la Russie à la Chine par la Sibérie et la Mandchourie.

Ces communications furent faites en 1875, à Paris, au Congrès international des sciences géographiques.

24. — Le journal belge, bien connu, le *Moniteur des intérêts matériels*, donne, dans son numéro du 25 juin 1876, une analyse d'un article du colonel d'état-major russe, Venyukoff, publié dans l'*Invalide russe*, sur les lignes projetées dans l'Asie centrale et, entre autres, sur le Central-Asiatique.

25. — La *Revue des Deux-Mondes*, numéro du 15 juillet 1876, donne un article de M. Randan sur les communications par voie ferrée avec l'Asie. On trouve, dans cet article, l'analyse du projet de M. de Richtoffen, projet de communication par la Chine, de l'est à l'ouest, puis le Gobi, avec la province de Semipalatinsk dans la Sibérie sud-occidentale.

26. — Une *Étude géographique*, de M. F. de Hochstetter, président de la Société de géographie de Wien, étude ayant pour titre : *l'Asie, ses chemins de fer dans l'avenir, et ses ressources en houille*. Cet ouvrage étant écrit en allemand, langue que nous ne savons pas, nous n'avons pu en avoir qu'une analyse, de même que du suivant :

par le docteur Meissel; brochure publiée à Berlin en 1871.

II. — Les *communications par mer de l'Europe avec les ports de l'Asie* sont trop connues pour qu'il y ait lieu de faire autre chose ici que de les mentionner. Elles se font de plus en plus par Suez, avec l'Inde, la Chine et le Japon. Il passe maintenant annuellement par le canal, environ 3 millions de tonnes de marchandises, en provenance ou en destination, principalement des ports de Bombay, Madras, Calcutta, Hong-Kong, Shang-Haï, Yokohama. Ces marchandises transitant par Suez sont presque toutes transportées par vapeurs. Les voiliers passent surtout par le cap de Bonne-Espérance, notamment les fameux *clippers* qui apportent si rapidement, pour des navires à voiles, une petite partie du thé consommé par l'Angleterre. On donne une prime considérable au bateau qui apporte le premier thé de l'année.

Une communication nouvelle, par mer, s'établit aujourd'hui : celle entre les ports de la mer Noire, Odessa notamment, et les ports de l'Inde et de la Chine, par Suez. L'importance du commerce de la Russie avec l'Inde et la Chine est évaluée à environ 340 millions; or, on compte qu'actuellement, le détour que l'on fait faire aux marchandises, en les menant d'abord en Angleterre, représente le dixième de cette somme. La Russie peut donc économiser de ce chef 34 millions qu'elle paye aujourd'hui à des étrangers, pour ces transports.

III. — Les *communications par mer et fleuves, jusque dans l'intérieur*, sont destinées à s'accroître peu à peu. Les steamers anglais remontent assez loin le fleuve Bleu. Déjà les Russes s'occupent d'étudier les moyens de rétablir l'antique navigation du Syr Daria et de l'Amu Daria, — l'ancien Jaxartes et l'ancien Oxus, — lesquels se jettent dans le lac d'Aral. Un canal entre ce lac et la Caspienne permettrait aux bateaux d'aller de Pétersbourg à Khiva et jusque sur le fameux plateau de Pamir, point de départ de nos ancêtres, les Aryas.

Depuis plusieurs années, un service de vapeurs fonctionne sur l'Euphrate et sur l'Amour.

Une communication fort imprévue vient d'être ouverte, tout récemment, entre les ports du Nord de l'Europe et l'intérieur de la Sibérie, presque jusqu'aux frontières chinoises. Le savant et hardi voyageur suédois, M. Nordenskiold, parti d'un port norwégien, est passé par le

qu'il a remonté assez avant. Deux voyages semblables se sont effectués successivement sans difficultés; dans la bonne saison, naturellement. Il y a là, affirme M. Nordenskiold, une route commerciale importante et sûre. Jusqu'ici les marins craignaient trop d'être retenus dans les glaces de la mer de Kara; cette mer est libre encore assez longtemps pendant l'été, paraît-il.

Des négociants russes et chinois ont fait faire récemment l'étude d'une grande voie navigable pour le transport du thé; en voici le tracé :

Le thé partirait d'une ville nommée Hankeou, ce qui signifie *la bouche du commerce*. Hankeou, avec deux autres villes adjacentes placées également aux bords du fleuve Bleu, constitue une agglomération de plus de huit millions d'âmes. De Hankeou, le thé descendrait le fleuve Bleu, entrerait dans la mer Jaune, d'où il irait jusqu'à Vladivostock. Un canal, à construire, le conduirait ensuite jusqu'au lac Hinko, lequel alimente l'Issouri, affluent du fleuve Amour, que l'on remonterait ensuite avec ses affluents et par un petit canal à construire, jusqu'à Irkoutsk, où l'on trouverait soit le chemin de fer projeté de la Sibérie, soit une autre série de voies navigables.

Dans le cas de transports à faire entièrement par eau jusqu'en Russie d'Europe, on quitterait l'Amour près d'Irkoutsk pour suivre l'Angara, puis l'Iénesseï. Un canal, à construire, entre l'Iénesseï et le Tom, mènerait à la ville de Tomsk, puis, le thé suivrait l'Obi, le Tobol, la Toura, qui l'amènerait à Tumen, où le chemin de fer arrivera dans trois ans de Nijni Novgorod.

Ces voies navigables ne pourraient servir qu'en été; les transports par eau étant fort lents, il est certain que l'on ne pourrait arriver à Tumen en une seule campagne. Il vaudrait mieux ne pas chercher à aller plus loin qu'Irkoutsk, d'où on chargerait le thé en traineaux si l'on ne devait pas trouver là le chemin de fer, projeté, de la Sibérie.

Le lieutenant Garnier, dont on regrette la perte, avait dirigé, après la mort du commandant de Lagrée, une expédition d'exploration du grand fleuve, le Mékong, lequel a son embouchure dans notre Cochinchine et pénètre dans l'intérieur de la Chine. Un autre Français, un négociant, M. Dupuis, a démontré que la voie du Song Koi, ou fleuve Rouge, était la meilleure pour pénétrer dans le sud de la Chine. Cette voie, ouverte un instant, a été refermée par suite de mesures administratives étranges,

émanant des autorités de Saïgon. L'attention publique a été appelée sur les agissements d'un M. Philastre, agissements que nous n'avons pas à apprécier ici.

IV. — Les *communications par terre actuelles* de l'Europe avec l'Asie se font surtout entre la Chine et la Russie. Des marchands de thé partent de Kalgan, ville au nord de Péking, ils traversent le grand désert asiatique, ou Gobi, du sud au nord, la Sibérie méridionale, de l'est à l'ouest, passent par Irkoutsk, Tomsk, Omsk, Tumen, et arrivent à Nijni Novgorod pour l'époque de la foire. Ils apportent le fameux *thé de la Caravane.*

A ce qu'il paraît, le thé est d'autant meilleur qu'il a été moins secoué dans le transport. Les vibrations de l'arbre de l'hélice d'un steamer suffisent pour en altérer légèrement la qualité; on préfère employer les steamers à roues, si ce n'est les clippers. On avait songé un instant à transporter le thé par le Central-Pacifique, mais les embarquements et les débarquements successifs qu'il aurait fallu lui faire subir, l'auraient trop altéré et l'auraient éventé. Ces considérations expliquent la valeur du *thé de la Caravane*, qui est apporté sans transbordement.

Ces caravanes chinoises, qui amènent le thé supérieur en Russie, alimentent en thé ordinaire les Mongols et les Sibériens, auxquels elles apportent aussi d'autres produits. Nous aurons à revenir avec détails sur ces transports entre l'Europe et l'Asie, par la Sibérie et le Gobi.

Nous n'avons pas besoin de parler ici du beau réseau des chemins de fer indiens.

V. — Les *communications par terre projetées* sont naturellement des chemins de fer. Un assez grand nombre de projets ont été élaborés; nous n'examinerons et discuterons que les trois principaux :

1° Le projet de MM. de Lesseps et Cotard, le Central-Asiatique. Communication de l'Inde avec la Russie par la voie la plus directe, celle de l'Afghanistan.

2° Le projet de M. de Richtoffen. Communication de la Russie avec la Chine, par le sud-ouest de la Sibérie, l'extrémité occidentale du Gobi et la Chine, de l'ouest à l'est.

3° Le projet du colonel Bogdanowicht. Communication entre la

Russie et la Chine par la Sibérie méridionale, de l'ouest à l'est, la Mandchourie, d'où le chemin serait dirigé sur Péking et Tien-Tsin.

On pourrait donner en même temps à ce projet le nom de projet Meissel, car ce dernier savant a, dès 1871, proposé un tracé qui ne diffère du précédent qu'en ceci : au lieu de passer par la Mandchourie, il passe par la Mongolie. Nous reviendrons avec détails sur cette variante.

Ce qui fait que le nom du colonel Bogdanowicht est généralement prononcé seul quand on parle du tracé chino-sibérien, c'est que le colonel a parcouru tous les pays qu'il veut voir traversés par un chemin de fer, et qu'il a présenté le projet d'une façon plus pratique que le docteur Meissel.

Ces trois projets ne s'excluent pas; ils se raccordent entre eux sans se nuire et constituent le réseau rationnel des grandes lignes de l'Asie, dans l'avenir. Celui de M. de Lesseps s'embranche sur la ligne de Sibérie. Celui de M. de Richtoffen comporte un embranchement vers le Central-Asiatique, *viâ* Kachgar Yarkand ou Khokand. Ce qu'il importe de savoir, préalablement, c'est lequel de ces projets peut être réalisé le premier.

Nous ne parlerons pas ici des chemins de fer projetés pour la Perse, chemins devant se raccorder avec le réseau indien, parce que nous croyons qu'ils ne peuvent entrer en discussion avant un avenir très-éloigné. Des considérations financières, politiques et techniques, amènent rapidement à porter ce jugement.

Le projet du Central-Asiatique doit une telle autorité au nom illustre de M. de Lesseps que, s'il n'était pas attaqué assez vivement en Russie même par des hommes spéciaux, nous ne nous serions pas permis de relever les objections qui y ont été faites dès le principe; objections que nous exposerons après avoir d'abord décrit le tracé, ou plutôt les tracés, et cité quelques chiffres intéressants.

M. Stuart, ingénieur attaché aux études du Central-Asiatique, a défini ainsi les tracés dans une notice publiée par *l'Explorateur :*

« Trois tracés ont été proposés pour la première partie du projet : le premier, partant d'Orenbourg passerait au nord de la mer d'Aral et gagnerait Tachkend par la vallée du Sir Daria (Jaxartes) ; le second, par-

tirait d'un point plus rapproché de la mer Caspienne, passerait à Khiva, Bokhara, Samarkande et arriverait de là à Tachkend; le troisième, partirait d'un point sur la ligne proposée de Sibérie, suivrait la vallée de Sarisou et ensuite celle du Jaxartes.

« Tels sont les trois tracés proposés pour arriver à Tachkend, du côté européen. Pour y venir du côté de l'Inde, il en existe quatre; toutefois, le troisième n'est qu'une modification du premier.

« Le premier part de Pechawer et traverse Kaboul, Balkh, Samarkande et Khodjend.

« Le second part également de Pechawer, quitte le premier à Jalalabad, passe par Chitral, le plateau de Pamir, Yarkend, Kachgar et Khokand.

« Le troisième quitte le second sur le plateau de Pamir, descend l'Oxus et rejoint le premier à Balkh.

« Le quatrième, partant de Jhelum, sur la ligne de Lahore à Pechawer, remonte la vallée de Jhelum, passe à Serinagour, Ladak, et rejoint le second tracé à Yarkand. »

M. Cotard, dans une communication sur le Central-Asiatique, faite à la Société de géographie, a donné un certain nombre de chiffres intéressants, dont nous reproduisons quelques-uns.

De Pechawer à Balkh, la partie la plus difficile, en montagnes, on aurait environ 800 kilomètres dont la construction reviendrait à 375,000 francs le kilomètre.

De Balkh à Tachkend, partie moins difficile, 1,000 kilomètres à 200,000 francs.

De Tachkend à Orenbourg, partie facile, dans les steppes, 2,000 kilomètres à 150,000 francs.

Soit environ 3,800 kilomètres à construire et un milliard à trouver.

Il passe actuellement, annuellement, par Suez 60,000 voyageurs se rendant aux Indes et au delà, et, comme nous l'avons déjà dit, 3,000,000 de tonnes de marchandises. On admet que ce dernier chiffre sera de beaucoup dépassé, le trafic ne représentant encore qu'à peine le quart du commerce total actuel de l'extrême Orient.

M. Cotard déduit de ces faits que la recette brute kilométrique du transit par le Central-Asiatique serait de 30,000 francs. En ajoutant 10,000 francs pour le trafic local, on trouve une recette totale de 40,000 francs par kilomètre.

Il est certain que les tracés présentés pour le Central-Asiatique sont les plus courts entre l'Angleterre et l'Inde. Il est plus que probable que ce chemin de fer serait une assez bonne affaire financière, *s'il était exécuté avec la plus stricte économie;* mais deux objections capitales ont été faites auxquelles il n'a pas été répondu jusqu'ici d'une façon satisfaisante : les difficultés politiques, les difficultés techniques.

Sur le premier point, l'un des auteurs du projet, M. Cotard, dit dans une note précitée :

« On objecte toujours que la bande de territoire afghan, qui sépare encore les frontières russe et indienne, est un obstacle à l'exécution de ce chemin de fer. Il est certain que l'entreprise ne pourra s'achever tant que les gouvernements russe et anglais ne se seront pas entendus sur cette importante question; mais leur accord, dès qu'il existera, aura pour conséquence immédiate la solution de toutes les difficultés qui peuvent exister aujourd'hui au sujet de la traversée de ces contrées intermédiaires. »

Nous ne pouvons que souhaiter que cet accord intervienne bientôt. Sans insister, nous nous permettons d'ajouter que l'accord en question aurait pour conséquence l'absorption politique de l'Afghanistan. Cela ne se ferait pas sans une grande résistance de la population violente de ce pays. Sur le caractère belliqueux des Afghans, M. Stuart, lui-même, cite M. Kaye, auteur anglais d'une histoire de l'Afghanistan, lequel dit, en parlant des habitants : « La lutte constitue leur seul bonheur; c'est leur plaisir de vivre dans un état de guerre chronique. »

La difficulté politique n'est donc pas à négliger pour l'exécution du Central-Asiatique.

Sur le deuxième point, la difficulté technique, nous citerons simplement un article du *Moniteur des intérêts matériels* du 25 juin 1876, analysant une étude du colonel Venyukoff, publiée dans l'*Invalide russe*, sur les projets divers de chemins de fer dans l'Asie centrale. Voici le paragraphe relatif au Central-Asiatique :

« Quant aux projets de Lesseps et Barraud, le colonel Venyukoff n'est pas d'avis que l'on puisse y penser sérieusement. Les deux principales objections qu'il y fait sont les suivantes : Le premier tracé traverse l'Hymalaya et le Thian-Shan, et exige au moins huit tunnels à percer sous des montagnes de plus de 10,000 pieds de haut; quant au projet de M. Barraud, il est inséparable d'un vaste réseau d'irrigation des steppes, et exigerait au moins un emprunt de 180 millions de rou-

bles, somme que l'on ne se procurerait pour une pareille entreprise qu'à des conditions extrêmement dures. »

Nous avons négligé le projet Barraud dont il est ici question, nous ne retenons que ce qui est relatif au Central-Asiatique.

Nous citerons, en outre, de suite le paragraphe suivant de cet article, paragraphe dont nous aurons à nous servir ultérieurement, à propos du chemin de fer Chino-Sibérien.

« En tout ceci, il est évident que l'intérêt de la Russie lui commande impérieusement une ligne Centro-Asiatique, et elle sacrifiera l'espoir de devenir le transporteur régulier des produits de l'Inde anglaise à l'accomplissement d'une voie ferrée qui lui devient chaque jour plus nécessaire. D'ailleurs, avec le temps, elle peut facilement faire dériver à son profit une grande partie du trafic des produits de la Chine, et c'est une perspective faite pour l'encourager singulièrement dans son entreprise. »

Revenant au Central-Asiatique, nous dirons que nous savons trop bien quelles sont les difficultés d'exploitation d'une ligne de montagnes pour ne pas nous arrêter devant une difficulté du genre de celles que rencontre ce chemin. Il faut noter encore que les travaux devront être faits dans des conditions aussi économiques que possible, à cause des éventualités d'arrêts dans les travaux et des imprévus de toutes sortes. On ne peut donc espérer de pouvoir exploiter convenablement une telle ligne, où les plus grandes difficultés de construction se trouvent accumulées. Une complication, ce sera d'avoir des ouvriers. Il faudra peut-être faire venir des Chinois par mer, puis par chemin de fer, et leur amenée à pied d'œuvre coûtera bien cher.

Nous n'ajouterons plus qu'un mot sur le Central-Asiatique. Les explorateurs que M. de Lesseps a voulu envoyer sur place pour faire les premières reconnaissances n'ont pas même pu parcourir les pays à traverser. L'Angleterre n'a pas voulu permettre à ces explorateurs de pénétrer dans l'Afghanistan, de crainte qu'ils n'y rencontrassent des difficultés qui appelleraient son intervention.

Le projet de M. de Richtoffen a pour but de relier la Chine avec la Russie. M. de Richtoffen, président de la Société de géologie de Berlin, admet, avec le colonel Venyukoff, avec le colonet Bogdanowicht, dont nous parlerons tout à l'heure, que la Russie peut sacrifier l'espoir de devenir le transporteur régulier de l'Inde anglaise.

On partirait de Shang-Haï, ou préférablement de Han-Keou, le centre commercial de la Chine, comme nous l'avons dit précédemment. On suivrait la plaine fertile et étonnamment peuplée qui se trouve entre le fleuve Jaune et le fleuve Bleu, et on se dirigerait vers Si-Ngnan-Fou, au nord-ouest de la Chine. Si-Ngnan-Fou a 1 million d'habitants; c'est l'ancienne capitale du Céleste Empire et le chef-lieu d'une province où le charbon abonde. De là, on traverserait la grande muraille et l'extrémité ouest du désert de Gobi. On arriverait à Khamil, d'où on se dirigerait sur Semipalatinsk, en suivant la vallée l'Irtisch, que l'on remonterait ensuite jusqu'à Omsk. D'Omsk, on rejoindrait Tumen, future tête de ligne, jusqu'à nouvel ordre, du chemin qui, partant de Nijni-Novgorod, se dirigera vers la Sibérie.

Un embranchement partant de Khamil pourrait rejoindre les lignes indiennes à Pechawer, par Yarkand et Kaboul.

La ligne Tumen Shang-Haï aurait près de 5,500 kilomètres, dont environ 2,400 en Chine, le pays le plus peuplé du monde. La traversée du Gobi, à l'ouest, est fort courte; elle se fait aujourd'hui en trois jours. De Han-Keou à Semipalatinsk, on met actuellement quatre-vingts jours, à mulet ou dans les mauvaises petites charrettes chinoises non suspendues, dont tout le monde a vu les dessins. Semipalatinsk est un point d'échanges, on y importe dans l'Asie centrale environ 2,500 tonnes de marchandises européennes, par an.

Au point de vue technique, le projet de M. de Richtoffen nous semble plus facilement exécutable que celui de M. de Lesseps; ici, point de cols à traverser à une hauteur de 3,500 mètres. Mais il y a, comme dans le cas précédent, une difficulté politique.

Les Chinois semblent de moins en moins disposés à laisser les étrangers se mêler de leurs affaires; ils comprennent qu'ils ont besoin de progresser, mais ils pensent qu'il faut du temps pour cela. Ils voient leurs voisins du Japon, enthousiastes des inventions de l'Occident, leur devenir supérieurs en certains points, mais arriver à une situation financière déplorable. Plus prudents, les Chinois n'auront presque pas recours aux étrangers pour construire leurs chemins de fer, et ne se prêteront que peu aux avances des sociétés financières européennes. L'exemple du Japon, des républiques Sud-Amérique, de l'Égypte, de la Turquie, pays qui ont voulu aller trop vite dans la voie du progrès matériel est fait pour les encourager dans leur réserve.

Un chemin de fer à travers la Chine a sa raison d'être, cela n'est pas

à démontrer, et les Chinois auraient intérêt à l'avoir dès que possible, quand ce ne serait que pour préserver leurs provinces de l'ouest de l'insurrection musulmane. Mais, de ce que l'on sait des dispositions qu'ils viennent d'affirmer tout récemment encore, à propos du petit chemin de fer d'essai à Shang-Haï, ce que l'on sait là, permet d'admettre qu'il n'y a pas lieu, quant à présent, de songer à voir bientôt les locomotives traverser la Chine dans sa plus grande dimension.

Un chemin de fer à travers la Chine coûtera cher. Le pays à traverser est très-accidenté, non pas d'une façon extrême, mais continue, il y a beaucoup de cours d'eau à traverser; il faudra donc beaucoup de travaux d'art. Il y aura aussi à indemniser un grand nombre de propriétaires, car on sait combien la propriété est divisée en Chine, et combien le sol y est divisé. On sait aussi que toutes choses se passent légalement dans l'Empire du milieu, les expropriations seront donc compliquées à faire.

Nous savons de bonne source chinoise qu'une difficulté, qui semble secondaire, aura en Chine une importance redoutable. C'est le déplacement des tombes qui sont disséminées partout, jusque dans les maisons. En ce moment, l'empereur lui-même ne pourrait obtenir une telle profanation.

On peut donc considérer comme peu prochaine la construction d'une ligne à travers la Chine, comme la propose M. de Richtoffen.

Quant à l'embranchement vers le Central-Asiatique, il tombe sous le coup des objections faites aux projets de M. de Lesseps et de M. de Richtoffen lui-même.

Le projet du colonel Bogdanowicht, présenté l'an dernier au Congrès des sciences géographiques, nous semble celui qui est le plus facile à exécuter de suite. C'est celui du chemin de fer de Sibérie, ou mieux, du *chemin Chino-Sibérien*. Le tracé, partant de Tumen, passe à Omsk, Tomsk, Krasnoïarsk, Irkoutsk, longe le lac Baïkal, gagne la Mandchourie, d'où il descend, vers le sud, jusqu'à Pékin et la mer.

On a, d'après le colonel Bogdanowicht :

De Tumen à Omsk, sur l'Irtisch.	650	kilomètres.
D'Omsk à Tomsk.	950	—
De Tomsk à Krasnoïarsk, sur l'Ienesseï. . . .	580	—
De Krasnoïarsk à Irkoutok.	1070	—
A reporter.	3250	—

Report.	3250	kilomètres.
D'Irkoutok à Tchita.	700	—
De Tchita à Khailar.	400	—
De Khailar à Dolon Nor.	750	—
De Dolon Nor à Péking.	350	—
De Péking à Tien-Tsin.	400	—
Soit un total de. . . .	5550	kilomètres.

C'est un tracé plus long de 1,750 kilomètres que celui indiqué pour le Central-Asiatique, mais il a le notable avantage d'être sur la plus grande partie, en Sibérie, en plaine parfaite et au milieu de forêts, conditions tout particulièrement avantageuses au point de vue de l'économie.

Les principales raisons que le colonel Bogdanowicht fait valoir en faveur de son projet sont les suivantes :

1° Son tracé se raccorde naturellement avec celui de M. de Lesseps, auquel il ne fait pas concurrence;

2° Il répond à la tendance, constamment manifestée jusqu'ici par le gouvernement russe, de s'avancer sur la Chine par la Sibérie;

3° Il ouvre l'immense marché chinois à la Russie et, tout d'abord, permet la mise en exploitation complète du splendide bassin minier du lac Baïkal;

4° Il est, comme nous l'avons signalé de suite, d'une exécution particulièrement facile, car de Tumen à Tomsk, sur 1,600 kilomètres, le steppe est *absolument* uni. Le reste de la ligne passe dans des pays où les montagnes sont de peu d'importance, où les terrains sont même quelquefois simplement onduleux.

VI. — Nous allons à présent nous livrer à l'*examen spécial du cas d'un chemin de fer passant par la Sibérie.* Cet examen nécessite la démonstration préalable de ce fait que la Sibérie, quoique déserte et glacée, est cependant, déjà, la route suivie par le commerce russo-chinois. Cette démonstration, elle-même, doit être précédée de l'exposition de ce fait que le commerce extérieur chinois est déjà énorme.

L'importance du commerce extérieur chinois a été, en 1874 :

Importation.	571 466 408 fr.
Exportation.	595 961 720
Ensemble.	1 167 427 928

En 1865, année pour laquelle nous avons trouvé l'ensemble le plus complet des renseignements dont nous avions besoin, le commerce extérieur chinois représentait 1,050,000,000 de francs.

Les principales importations en Chine, en 1867, furent, en millions de francs :

Opiums.	300	Ensemble 570 millions dont les 7/8 proviennent d'Angleterre et de ses Colonies, notamment de l'Inde.
Cotonnades.	120	
Articles de laine.	55	
Cotons bruts.	40	
Riz.	30	
Houilles et métaux. . . .	25	

Les principales exportations en Chine, en 1867, furent, en millions de francs :

7500 tonnes de thé, valant. .	270	Ensemble 390 millions, sur lesquels l'Angleterre a pris 216 millions en thé.
2500 tonnes de soie, valant. .	120	

Il est bon de faire remarquer ici que tous ces chiffres de statistique et les suivants doivent être pris au sérieux. Ils sont fournis par les consuls, les agents des douanes européennes et chinoises; ces dernières ont pour chef un Anglais connu par sa parfaite honorabilité et sa haute capacité. Il a été constaté d'ailleurs, en divers cas, que les Chinois sont très-minutieux et fort précis dans toutes leurs statistiques. Tous les chiffres que nous donnons proviennent, du reste, d'une publication officielle : les *Annales du commerce extérieur*.

Il faut ajouter à ces renseignements sur l'importance du commerce extérieur chinois qu'il y a une contrebande considérable dirigée par les Anglais, contre-bande centralisée à Hong-Kong; cette contrebande représente plus de 10 pour 100 de la valeur des marchandises entrées et sorties. Toutefois, malgré l'acroissement de cette contrebande, il y a cependant aussi accroissement des recettes des douanes chinoises, comme le constate le tableau suivant :

Du 30 juin au 30 juin	1860-1861.	18 988 223 fr.
—	1861-1862.	19 779 878
—	1862-1863.	58 947 003
—	1863-1864.	57 963 613
—	1864-1865.	58 526 903
	Et en 1874.	91 978 176

Passons maintenant au *commerce particulier de la Russie avec la Chine, et vice versa.* Les chiffres donnés ci-dessous établissent l'énorme importance relative de ce commerce, quand on songe qu'il n'est encore possible que par caravanes de chameaux, traînage sur la neige, navigation sur des rivières sinueuses, à hauts fonds fréquents, et gelées près de la moitié de l'année.

. . . . .

Voici d'abord un *tableau du commerce de la Russie d'Europe et d'Asie avec la Chine.* Voie de terre par Kiakhta. Voie d'eau par le Pacifique et le fleuve Amour. En milliers de francs :

ANNÉE.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	TOTAL (non compris le numéraire).
1856........	25.340	15.328	40.268
1857........	29.906	19.192	49.108
1858........	29.292	20.932	50.004
1859........	29.792	23.044	52.836
1860........	27.768	22.964	50.732
1861........	29.728	19.204	49.332
1862........	34.960	17.564	52.524
1863........	28.220	13.332	41.552
1864........	23.320	14.584	37.904
1865........	20.900	20.000	40.900
1866........	34.048	20.764	54.876

Ensuite, un *tableau des importations de Chine en Russie, par Kiakhta, en* 1865 :

Produits Chinois.....	Thé noir..........	24,623,788f	30,316,000f
	Thé en briques......	5,128,412	
	Sucre candi........	174,564	
	Divers...........	379,236	
Produits Mongols....	Beurre...........	70,016	387,514
	Gros bétail.........	272,508	
	Moutons...........	3,196	
	Peaux non tannées.....	125,288	
	Divers...........	16,406	
Produits européens...	Cotonnades.........	5,332	141,110
	Thé et divers.......	135,778	
Billets de crédits russes........................			1,360,512
	Total...........		32,205,136

Enfin, un *tableau des exportations de Russie en Chine, par Kiakhta, en* 1865 :

Produits Russes	Manufacturés	15,019,000f	19,639,488
	Cuirs	1,862,840	
	Métaux	388,920	
	Glaces (miroirs)	104,304	
	Fourrures	1,693,448	
	Cornes d'antilopes	35,300	
	Céréales	192,356	
	Divers	322,816	
	Exporté de Verkhneoundiensk par des Chinois	20,404	
Produits étrangers	Peaux de loutres	292,056	365,672
	Coraux	71,856	
	Produits divers	1,760	
Métaux précieux	Or, en demi-Impériaux	330,033	7,039,024
	Pièces françaises, 5f argent	2,773,004	
	Roubles argent	3,935,988	
	Total		27,044,184

Il résulte de l'examen des tableaux précédents que non-seulement le commerce russo-chinois est important et en voie de progression, mais encore que presque tout ce commerce se fait par le fleuve Amour, et surtout par Kiakhta. Dans ce dernier cas, en traversant le Gobi.

Nous avons dit plus haut quelle était la route suivie par les caravanes qui vont de Kalgan à Nijni.

En été, les voyageurs sont tout le temps en voiture. Dans la Sibérie, jusqu'à Ourga, il y a un service de poste public. Le Gobi se traverse, en toutes saisons, en voitures traînées par des chameaux. En Chine, en toutes saisons, en voitures ou en palanquins portés par des ânes.

En hiver, en Sibérie, on voyage en traîneaux. C'est en hiver que l'on voyage le plus en Sibérie, le voyage en traîneaux étant moins fatigant que celui en voitures. C'est en hiver que partent de Kalgan les marchands de thé qui traversent le Gobi. Nous notons ces faits spécialement pour répondre à une objection contre le tracé Chino-Sibérien, objection que nous discuterons plus loin; celle du froid à supporter dans ces régions.

Nous noterons aussi de suite que Mme de Bourboulon a voyagé *en calèche suspendue* depuis Pékin jusqu'à Nijni.

A moyenne vitesse, en hiver, un M. Maignan a mis 51 jours de Nijni à Kalgan. En Sibérie, il voyageait jour et nuit; dans le Gobi, le jour seulement.

Voici la répartition de ce temps :

De Nijni à Kasan.	2	jours.
De Kasan à Perm.	2 ½	—
De Perm à Atchitsk (frontière d'Asie).	2	—
D'Atchisk à Ekaterinbourg.	½	—
De Ekaterinbourg à Camechloff.	½	—
De Camechloff à Tumen.	1	—
De Tumen à Omsk.	4	—
D'Omsk à Tomsk.	3	—
De Toms à Krasnoïarsk.	3	—
De Krasnoïarsk à Irkoutsk.	3	—
D'Irkoutsk à Kiakhta.	5	—
De Kiakhta à Ourga.	3 ½	—
D'Ourga à la Muraille Chinoise, par le Gobi.	20	—
De la Muraille Chinoise à Kalgan.	1	—

Il y a 4,960 kilomètres de Nijni à Irkoutsk; ces 4,960 kilomètres ont été parcourus par M. Maignan, en voyageant jour et nuit, à la vitesse de 9 kilomètres 400 mètres à l'heure.

Nous avons dit qu'en été le voyage était moins rapide, les voitures roulant moins rapidement que ne glissent les traîneaux, et les chevaux étant incommodés par la chaleur et surtout par les moustiques.

La principale objection que l'on peut adresser au projet du chemin de fer de Sibérie proposé par le colonel Bogdanowicht, c'est la rigueur du climat. Entre Omsk et Tomsk, on suit la ligne isothermique, de janvier, de — 20°. La neige recouvre la terre pendant près de six mois de l'année dans cette région.

Les neiges, en Russie, ne gênent pas très-sensiblement la circulation des trains, lorsque l'on a pris les précautions nécessaires contre leur amoncellement. Ces précautions sont des lignes doubles, et même triples, de pallissades parallèles au chemin. Ces palissades ont 1 mètre à 1^{m},500 de hauteur; elles sont éloignées de 2 mètres l'une de l'autre.

Au Central-Pacifique, dans la traversée de la Sierra-Nevada, on a dû, pour se préserver des neiges et des avalanches, construire, outre les palissades, un grand nombre de tunnels en bois. Il y en avait 72 kilomètres en 1870, lors du passage de M. Malézieux.

Certaines lignes du Canada et de la Suède se trouvent dans des conditions semblables à celles dans lesquelles se trouverait un chemin de fer en Sibérie.

Enfin, le Central-Asiatique lui-même comporte des sections monta-

gneuses où les neiges sont certainement en plus grande abondance que dans les steppes sibériens, sans compter que dans les montagnes les neiges sont bien plus redoutables que dans les plaines. Selon M. de Lesseps, la température dans les steppes Kirghizes, à traverser par le Central-Asiatique, est quelquefois au-dessous de — 25°, et les chasse-neiges sont *terribles*. Que doit-ce être dans l'Hymalaya ? Cependant, on aura là, plus tard, un chemin de fer.

Nous venons de voir que l'on peut combattre la neige; quant au froid, c'est un problème de chauffage de wagons, problème parfaitement résolu en Russie.

Que si nous supposons un *train-hôtel*, comme le décrit M. Stuart, train circulant à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, arrêts compris, ce train ne mettra que 5 jours et 4 heures entre Nijni et Irkoutsk.

Un voyageur pressé pourra ne mettre que 11 jours de Londres à Péking, et lorsque le tunnel de la Manche sera terminé, il y aura peut-être un train hebdomadaire conduisant sans transbordement les voyageurs allant d'Angleterre en Chine.

Aujourd'hui, de Londres à Shang-Haï, qui est à 1,400 kilomètres de Péking, le même voyageur pressé met 47 jours, dont 45 en mer, séjour désagréable à certaines personnes. Dans cette navigation de 45 jours, il faut compter 8 jours passés dans la fournaise de la mer Rouge.

Un chemin de fer allant en Chine par la Sibérie a donc sa raison d'être; nous montrerons plus loin qu'il est facilement exécutable.

VII. — Nous avons maintenant à donner des *développements sur le tracé que nous croyons le plus immédiatement exécutable*, le tracé Chino-Sibérien.

Nous avons dit qu'en 1871 le docteur Meissel proposa de relier Rotterdam à Tien-Tsin par la Sibérie et la Mongolie. Nous avons dit également que ce projet n'a pas été présenté d'une façon suffisamment pratique. Du reste, jusqu'ici, toutes les personnes qui se sont occupées des futures communications entre l'Europe et l'Asie sont restées presque entièrement sur le terrain géographique. Quant à nous, nous avons étudié la question au point de vue de l'ingénieur, et avons été amené ainsi à des solutions qui nous sont personnelles.

C'est le tracé Meissel qui nous semble le meilleur entre Irkoutsk et Péking.

Nous croyons qu'en venant de Russie il faut, depuis Irkoutsk, suivre

la route des marchands de thé, et aller droit sur Kalgan et Péking, par Ourga et le grand désert asiatique, le Gobi.

Nous trouvons qu'il y a :

D'Irkoutsk à Ourga.	800 kilom.
D'Ourga à Kalgan, par les steppes, le Gobi et la Terre des Herbes.	1000 —
De Kalgan à Péking.	200 —
De Péking à Tien-Tsin.	100 —
Total.	2100 kilom.

En nous reportant ci-dessus au kilométrage donné par le colonel Bogdanowicht, on trouve que de Tumen à Tien-Tsin, par le tracé que nous proposons, il y aurait 5,350 kilomètres au lieu de 5,550 kilomètres, par le tracé du colonel.

Nous nous permettrons, jusqu'à preuve du contraire, de contester l'exactitude de ce kilométrage du colonel, depuis Irkoutsk.

Selon nous, il y a :

D'Irkoutsk à Tchita.	720	kilomètres au lieu de. .	700	kilomètres.
De Tchita à Khailar.. . . .	540	— . .	400	—
De Kailar à Dolon Nor. . .	790	— . .	750	—
De Dolon Nor à Péking. . .	380	— . .	350	—
Total. . . .	2420	kilomètres au lieu de. .	2200	kilomètres.

Ce qui fait 200 kilomètres de plus que d'après les indications du colonel Bogdanowicht; soit, en définitive, une différence de 400 kilomètres en faveur du tracé Meissel que nous proposons.

Les distances, pour de pareils projets, — avant-projets plutôt, — ne peuvent pas être appréciées très-exactement, cela se comprend; mais, quand elles sont mesurées dans les mêmes conditions pour des tracés différents, les différences constatées sont exactes. C'est ce que nous avons fait, dans l'espèce, en piquetant les deux routes sur une même carte, et nous admettons décidément que notre tracé, 5,350 kilomètres, est plus court de 400 kilomètres que celui du colonel Bogdanowitcht, 5,750 kilomètres au lieu de 5,350 annoncés. Il est, d'ailleurs, bien visible sur une carte quelconque qu'il doit y avoir un raccourcissement notable à traverser le Gobi, pour aller à Péking depuis Irkoutsk, que de prendre par la Mandchourie.

Le tracé du colonel, depuis Irkoutsk, a, selon nous, d'autres inconvénients que celui d'être trop long. Ces inconvénients sont : 1° celui de

parcourir un pays plus accidenté que celui que nous proposons; 2° celui d'être en pays chinois sur une trop grande longueur, objection que nous croyons avoir démontré être fondée, à propos de l'examen du projet de M. de Richtoffen.

Le tracé Meissel sort du territoire russe pour entrer en Mongolie, pays vassal de l'empereur de la Chine, mais suffisamment indépendant. On n'est pas sur plus de 400 kilomètres, en territoire purement chinois, sur un parcours total de 5,750 kilomètres.

L'objection principale que l'on peut taire à ce fracé, c'est la traversée d'un désert sur une longueur de 400 kilomètres environ. La partie absolument nue, stérile, sans herbes ni eau en quantité suffisante, n'a pas plus que cela sur la route que nous proposons.

Nous répondrons tout d'abord que le Central-Pacifique traverse une étendue non moins déserte, mais plus grande, — 800 kilomètres, — à laquelle on a donné, à tort, l'agréable nom de prairie, *la prairie de la Nebraska*.

« Le sol de la *prairie* de la Nebraska, — dit M. l'ingénieur en chef Malézieux, — est une argile sablonneuse qui n'est pas absolument stérile, mais que l'absence d'eau rend impropre à la végétation.

« A partir de la station de Fremont, plus un accident de terrain, plus un arbuste à l'horizon, on pourrait se croire au milieu d'un océan jaunâtre, ou d'un désert d'Afrique balayé par le simoun. »

Le sol du Gobi, d'après M. Maignan, le capitaine du génie Bouvier, le lieutenant d'état-major Przewalsky, ne présente, dans la section entre Ourga et Kalgan, rien de défavorable à l'établissement d'un chemin de fer. Vers Boroa, vers Boro Bourak, on constate la présence du sable, mais il n'est pas là en quantité suffisamment considérable pour causer de sérieuses difficultés. Nous verrons plus loin comment on pourrait augmenter les ressources en eau dans le Gobi; dès que cela serait fait, on pourrait faire des plantations qui immobiliseraient les sables.

Sur le Central-Asiatique, dans les steppes Khirgizes, on devra aussi avoir recours au même procédé.

Nous répondrons encore à cette objection de la traversée d'un désert, que le Gobi, qui est analogue comme aspect à la *prairie* de la Nebraska, n'est pas abandonné des hommes comme ce désert américain.

Tous les ans, au commencement de l'hiver, il part de Kalgan 20,000 tonnes de thé pour la Mongolie et la Russie. Ce thé, en caisse de 96 kilo-

grammes, est placé sur le dos de chameaux qui, dans la mauvaise saison, vont deux fois à Ourga par le Gobi. On compte, dit le lieutenant Przewalsky, que chaque chameau rapporte 100 francs par voyage, pour le transport total de 4 caisses de thé, en tout. Outre les caravanes des marchands de thé, le Gobi est constamment parcouru par les Mongols, qui passent des riches prairies qui le bornent au nord, à la *terre des Herbes* qui le borne au sud. Les Chinois, de leur côté, empiétant constamment sur le territoire mongol, passent la grande muraille, et viennent installer leurs belles et nombreuses cultures sur les limites du Gobi, qu'ils font reculer sensiblement. Le père Huc, en constatant ce fait, constate aussi que la culture a pour effet de relever la température du lieu où elle s'établit. Ceci est important à noter.

Actuellement, il y a des puits à toutes les stations de poste dans le Gobi; il y a même quelques étangs. On a creusé des rigoles dans les points bas, et la neige, en fondant, vient s'y déposer. Malheureusement, tout cela est insuffisant encore, vu la grande quantité de chameaux et de bétail qu'il faut abreuver.

Les télégrammes envoyés d'Europe pour certaines parties de la Chine, Péking notamment, vont jusqu'à Kiakhta par les fils, et de là, sont portés par les courriers mongols. *Un service régulier de courriers* est établi entre Kiakhta, Ourga, Kalgan, Péking et Tien-Tsin. Ces courriers mettent quatorze jours de Kiakhta à Tien-Tsin, pour un parcours de 1,660 kilomètres; ils ne voyagent pas la nuit. On trouve ces détails dans le tarif général des dépêches publié par l'administration des lignes télégraphiques.

Ce dernier fait, d'un service régulier de poste à travers le Gobi, montre combien ce désert est peu difficile à traverser.

Nous n'ajouterons plus qu'un mot sur la viabilité du Gobi : en 1874 un *cirque français* arriva à Péking, venant de Moscou, ayant donné des représentations en route. Dans le Gobi, détail curieux, les Mongols payaient leur entrée avec du thé; c'était avec du thé que l'impresario achetait les moutons et les bœufs destinés à la nourriture de son personnel.

VIII. — Rendons-nous compte maintenant des *conditions générales d'établissement du chemin Chino-Sibérien*, tel que nous le comprenons.

Nous donnerons tout d'abord, d'après le docteur Fritsche, les cotes

de niveau des points principaux qui se trouvent sur la route entre Ekaterinbourg et Tien-Tsin :

Ekaterinbourg	300m	Urga	1150m
Ischim	100	Naren	1226
Omsk	137	Zuntsch	1244
Kainsk	139	Zairussu	1097
Barneml.	147	Barobo	1139
Tomsk	105	Naren Bildichô	917
Salair	350	Schiroï Muschur	1075
Krasnojarsk	100	Zagan Chuduk	1234
Schilinskoje	120	Oroï	1338
Tcheremchowa	490	Burgasselaï	1311
Irkutsk	392	Kalgan	826
Troitz Kowsawsk (Kiakhta)	742	Nankou	200
Ibizogo	856	Péking	37
Choromito	939	Tien-Tsin	2

Étant constaté, en tenant compte des distances horizontales données plus haut, que le sol entre Ekaterinbourg et Irkoutsk peut être considéré comme absolument plat, et que la partie comprise entre Irkoutsk et Ourga n'est que très-moyennement accidentée, l'attention doit se porter spécialement sur la partie la moins connue du parcours, le Gobi.

Nous avons fait, d'après la carte cotée du Gobi, de Petermann, un profil en long de la route la plus courte entre Ourga et Kalgan; 22 stations de poste sont cotées entre ces deux villes sur la carte du Gobi, de Petermann. Ce profil montre des rampes maxima de 8mm,6. Nous avons opéré ici pour l'évaluation des pentes comme on l'a fait pour le projet du Central-Asiatique, d'après les cotes d'une carte. En réalité, d'après les indications détaillées qui sont fournies par les voyageurs ordinaires et scientifiques, on peut dire que les pentes se trouvent concentrées entre Irkoutsk et Ourga, et surtout aux abords de Kalgan. Comme l'espace ne manque pas dans les vallées, et que l'on ne se trouve pas en présence de hautes montagnes, il serait facile de régler les inclinaisons à peu près comme on l'entendrait. Il suffirait de remblais et de déblais moyens et de quelques travaux d'art. Partout ailleurs, on n'aurait qu'à lécher le terrain.

Un chemin de fer comme le Chino-Sibérien doit être construit le plus économiquement possible, et d'abord d'une façon provisoire. La voie, en Sibérie, où on est presque toujours à portée de forêts, pourrait-être à rails en bois, comme sur certaines lignes canadiennes. D'Irkoutsk à Péking et Tien-Tsin, la voie devrait être, au contraire, entièrement

métallique, parce que dans cette partie de parcours il n'y a absolument pas de bois, dans la Mongolie, et surtout le Gobi. Les rivières de peu d'importance seraient, pendant les premières années, traversées sur des ponts en bois. Les grandes rivières seraient passées sur des bacs à vapeur. En hiver, on poserait une voie provisoire sur la glace des cours d'eau. Ce ne serait que plus tard que l'on construirait les ponts définitifs métalliques. Partout où il serait nécessaire, on ferait, pour avoir de l'eau, comme en Amérique sur le parcours du Central-Pacifique : on creuserait des puits dont l'eau serait montée dans les réservoirs par des moulins à vent. Le chauffage des machines se ferait au bois, dans la Sibérie, à la houille en Mongolie et en Chine. La houille viendrait de la province de Si-Ngan-Fou; elle arriverait par eau à Péking, par le fleuve Jaune et le grand canal impérial, ou la baie de Pe-Tché-Ly, aux bords de laquelle est Tien-Tsin. L'immense et puissant bassin houiller de Si-Ngan-Fou s'étend, du reste, jusqu'à Péking, comme le montre une carte spéciale de M. de Hochstetter.

Sur le Central-Pacifique, on a au moins autant de difficultés pour alimenter les locomotives en combustible et en eau que l'on en aurait sur le chemin Chino-Sibérien.

En Sibérie, sur 350 kilomètres, entre Sekinskaïa et Omsk, se trouverait la partie peut-être la plus difficile à construire, au point de vue technique, de toute la ligne, ce serait la traversée des marais de la Baraba. On aurait là de grands fascinages à poser pour supporter la voie, des drainages à établir, des épuisements à faire par moulins à vent, etc. On connaît aujourd'hui toutes les précautions à prendre dans la construction de lignes passant sur des terrains éminemment compressibles. Pendant l'été, les trains traverseraient les marais de jour, afin que les voyageurs ne soient pas incommodés par les insectes, dont il y a des nuées, paraît-il, dans cette région.

Il nous reste à faire une *estimation générale approximative des dépenses* pour le chemin Chino-Sibérien, tel que nous le comprenons. Nous avons pris pour bases de nos estimations certains chiffres cités par M. Morandiere pour des cas analogues : chemins canadiens et suédois. Nous les avons fortement majorés, d'abord, pour tenir compte de l'augmentation de largeur de la voie qui, bien entendu, doit être ici la voie normale russe, ensuite à cause du cas particulier que nous examinons.

Nous avons divisé la ligne en huit sections.

Première section. De Tumen à Omsk, 650 kilomètres. Terrain plat. Voie à rails en bois, avec palissades tout le long de la ligne et tunnels en bois, comme sur le Central-Pacifique, là où les amoncellements de neige sont le plus à craindre. 55,000 francs le kilomètre, tout compris : voie, matériel fixe et roulant. Ce prix pourrait sembler un peu élevé par rapport à quelques-uns de ceux cités par M. Morandiere, mais il faut tenir compte de l'élévation de la main-d'œuvre par suite du déplacement d'ouvriers chinois, les seuls possibles, à une aussi grande distance de leur pays.

On sait que ce sont les ouvriers chinois qui ont construit une partie du Central-Pacifique. Ils travaillaient mieux et plus vite que les ouvriers américains, et ne coûtaient qu'un dollar par jour au lieu de trois.

Le prix total de la première section peut donc être estimé à 35,750,000 francs.

Deuxième section. D'Omsk à Sekinskala, 350 kilomètres. Marais de la Baraba. Voie comme la précédente, mais dont tout le bois serait goudronné. Fascinages pour l'infra-structure. Drainages. Épuisements par moulins à vent. Rigoles d'écoulements. Étangs. Palissades et tunnels pour abris contre la neige. 100,000 francs le kilomètre.

Prix total, deuxième section : 35,000,000 francs.

Troisième section. De Sekinskala à Irkoutsk, 2,250 kilomètres. Terrain plat jusqu'à Krasnolarsk, onduleux ensuite, mais ne nécessitant point de terrassements notables. Même voie, mêmes travaux que pour la première section. 60,000 francs le kilomètre.

Prix total, troisième section : 135,000,000 de francs.

Quatrième section. D'Irkoutsk à Ourga, 800 kilomètres. Terrain un peu accidenté. Voie métallique, système Hilf, à rails d'acier de 25 kilogrammes le mètre, comptée, rendue et posée, 45,000 francs le kilomètre. Terrassements. Travaux d'art peu importants. Palissades et tunnels en bois, contre la neige. — 100,000 francs le kilomètre. — Ce prix pourrait sembler un peu réduit, mais il faut constater que nous nous rapprochons de la Chine, où la main-d'œuvre est à un prix des plus bas.

Les ouvriers chinois pourraient arriver facilement à Irkoutsk. Ils s'embarqueraient à Shang-Haï, iraient jusqu'à l'embouchure de l'Amour, le remonteraient en bateaux à vapeur jusqu'à la Schitka, un de ses bras, qui les conduirait près du lac Baïkal, en face d'Irkoutsk, où l'on arrive par l'Angara. Ce voyage, d'une quarantaine de jours, fait sans fatigue et économiquement, amènerait à Irkoutsk les milliers d'ouvriers, qui s'avanceraient avec leurs rails vers la Sibérie occidentale et la Chine.

Le prix total de la quatrième section pourrait donc n'être que de 80,000,000 de francs.

Cinquième section. D'Ourga à la muraille chinoise, 900 kilomètres. Steppes d'Ourga. Gobi. Terre des herbes. Terrain plat, puis légèrement onduleux. Voie Hilf. Puits. Moulins à vent. Réservoirs d'eau. Abris à neige.

Nous évaluons cette partie du chemin à 120,000 francs le kilomètre; la comparant à la section Orenbourg-Tachkand du Central-Asiatique.

M. Cotard a eu occasion d'étudier de très-près, et dans les meilleures conditions, les tracés de cette section, Orenbourg-Tachkand, sur des cartes topographiques à très-grande échelle de l'état-major russe. Ce qu'il dit de ces tracés définit le pays à traverser, et on pourra constater que le Gobi n'est pas plus difficile.

Voici ce que dit M. Cotard :

« Ceux (les tracés) situés le plus à l'ouest rencontrent les monts Monghadjar, de grandes dunes de sable et des marais d'un passage difficile. Celui qui suit la direction de la route de poste a l'inconvénient de traverser le désert de Karakoum, près de la mer d'Aral, et d'être exposé le long du Syr-Daria aux inondations de ce fleuve. Le tracé nord est le meilleur. Il se dirige vers Orsk et contourne jusqu'aux approches du mont Karatau les plaines salines et inhospitalières appartenant à la dépression de la mer d'Aral. Il reste ainsi dans une contrée moins aride et suffisamment pourvue d'eau. Ce dernier tracé a de plus cet avantage, pour le cas de l'exécution de la ligne de Sibérie, de pouvoir se prêter aisément, par sa forte inflexion vers l'est, à une bifurcation éventuelle de deux directions vers Ekaterinenbourg et vers Orenbourg. »

M. Cotard a estimé cette section, la « portion facile » du Central-

Asiatique, à 150,000 francs le kilomètre. « Les ingénieurs russes l'estiment à un prix moindre. » Le prix de M. Cotard nous semble fondé ; cet ingénieur a dû tenir compte du prix très-élevé de la main-d'œuvre dans un pays si peu abordable que cette partie du Turkestan, où les ouvriers n'arriveront qu'à grands frais. Ces ouvriers, qui seront sans doute des Indiens, sont malhabiles et inactifs. M. Stuart l'a constaté lui-même.

Nous croyons donc aussi fondé notre prix de 120,000 francs le kilomètre pour la traversée du Gobi, où la main-d'œuvre serait meilleur marché que dans le Turkestan.

Le prix total de notre cinquième section serait donc de 108,000,000 de francs.

Sixième section. De la muraille chinoise à Kalgan, 100 kilomètres. Pays accidenté. Voie Hilf. Terrassements. Travaux d'art. Achat de terrains. Expropriations chères, pour satisfaire les Chinois. 200,000 fr. le kilomètre.

Prix total, sixième section : 20,000,000 de francs.

Septième section. De Kalgan à Pékin, 200 kilomètres. Mêmes conditions de pose que pour la sixième section, mais pays plus accidenté et plus peuplé. Grande gare à Péking. Dépôts. Ateliers. Bureaux, etc. Par contre, matériel et main-d'œuvre meilleur marché que sur tout le parcours. 250,000 francs le kilomètre.

Prix total, septième section : 50,000,000 de francs.

Huitième section. De Péking à Tien-Tsin, 100 kilomètres. Mêmes conditions de pose que pour la sixième section. 200,000 francs le kilomètre.

Prix total, huitième section : 20,000,000 de francs.

Total des huit sections : 484,250,000 de francs, soit 500 millions, plus 100 millions pour commissions d'emprunt et service des intérêts calculés, comme pour le Central-Asiatique, en admettant une durée de travaux de huit ans, les portions successivement ouvertes, tant que la ligne entière ne sera pas achevée, étant censées ne devoir rien rapporter. C'est donc 600 millions qu'il faut trouver pour construire 5,350 kilomètres, soit une moyenne d'un peu plus de 112,000 francs le kilomètre (112,149 francs).

Ultérieurement, le chemin étant en pleine exploitation, on ferait comme on a fait pour le Central-Pacifique, on parachèverait la ligne. On poserait des rails d'acier partout, on construirait les ponts métalliques, etc. Il y aurait une centaine de millions à dépenser encore pour rendre le chemin définitif.

Comme nous l'avons dit en commençant, c'est le chemin Chino-Sibérien qui nous semble *le plus immédiatement exécutable*, au moins dans la partie sibérienne et mongole. Nous espérons avoir démontré qu'il serait viable. Non-seulement il relierait l'Europe à un monde, la Chine, mais encore ce serait aussi la voie la plus courte, comme temps, pour aller au Japon, aux Indes orientales et en Australie.

Les grandes richesses minérales de la Sibérie orientale, les mines de houille de l'Altaï, celles d'or du bassin du lac Baïkal, pourraient être mises en valeur par l'exubérante population chinoise, qui pénétrerait peu à peu dans le territoire de la Russie d'Asie, si peu habité jusqu'ici.

Plus tard, les questions politiques devenant moins brûlantes, l'œuvre de la civilisation se faisant, le chemin Central-Asiatique se construira, et nous souhaitons que ce soit assez tôt pour que son illustre promoteur puisse le voir. Plus tard enfin, la Chine aura son réseau de chemins de fer, et le projet de M. de Richtoffen recevra aussi son exécution.

Aucun de ces projets ne s'excluent, répétons-le en finissant, ils se complètent les uns les autres, et forment les grandes voies de l'avenir en Asie.

MÉMOIRE

SUR LA

FABRICATION DES AGGLOMÉRÉS

AUX

MINES DE GRAISSESSAC (HÉRAULT)

PAR M. SAVY.

GÉNÉRALITÉS.

Il serait trop long de dire ici par combien de phases est passée l'exploitation des mines de Graissessac, depuis la découverte du gisement houiller jusqu'à ce jour. Ce n'est pas le lieu de faire l'historique de ces mines. Je pourrai en parler plus utilement dans une autre communication que j'ai l'intention de faire à la Société des Ingénieurs civils sur les bassins houillers du département de l'Hérault, tant au point de vue géologique qu'à celui de l'exploitation des richesses minérales qu'ils renferment. Je me bornerai donc à dire que les mines de houille de Graissessac sont situées au milieu des montagnes du nord-ouest du département de l'Hérault.

Cependant, il est utile de savoir dès à présent que, à part la concession, ou plutôt les concessions réunies dont il va être question, l'Hérault en renferme d'autres, savoir : l'exploitation d'anthracite, située à l'ouest du bassin de Graissessac, appelée *Mines de la Gineste*, dont le siége social est à Paris et la direction à Saint-Gervais ; la concession de Roujan-Neffiès, à l'est-sud-est de Graissessac (les travaux viennent d'en être arrêtés) ; enfin, il s'est constitué récemment une nouvelle Compagnie qui fait exécuter des travaux de recherches au sud et à l'est des mines faisant l'objet de cette communication : ces travaux n'ont pas encore abouti à un résultat satisfaisant, malgré le fonçage de plusieurs puits,

le percement de plusieurs galeries à travers la montagne et le forage d'un sondage dans la vallée de l'Orb.

Il suit de tout ce qui précède que la Compagnie des Quatre-Mines-Réunies de Graissessac est maîtresse absolue dans la région, étant à l'abri de toute concurrence sérieuse de la part des concessions voisines. Malgré la richesse et l'étendue du bassin, cette exploitation n'a pas encore atteint le degré d'importance qui semble lui être réservé.

Charbons de Graissessac.

Comme dans beaucoup d'autres bassins houillers, les mines de Graissessac donnent des charbons peu cohérents; il y existe certaines couches dont les produits sont tellement friables qu'ils se brisent sous le moindre effort de la main. Aussi la quantité de menus entre-t-elle pour une large part dans le chiffre d'extraction.

Avant qu'on eût trouvé le moyen d'utiliser ces menus, on les laissait généralement dans la mine, ne sortant que ceux nécessaires à la fabrication du coke métallurgique. Cependant, je dois ajouter que, par suite de la cherté du sable de rivière ou de toute autre provenance, on les employait également dans la confection des mortiers à bâtir. Ainsi, le château, où sont installés les bureaux de l'exploitation et les apppartements du directeur et des administrateurs lorsqu'ils viennent à Graissessac, est bâti avec du mortier de charbon et de chaux; il en est de même pour certains autres bâtiments appartenant à la Compagnie. Dire que ces constructions présentent toutes les conditions de solidité désirable? Assurément, non! Néanmoins, la principale, le château, n'a pas les murs lézardés! Cela tient sans doute à la solidité des fondations. Une chose assez singulière, c'est que les pierres employées à cette construction sont en majeure partie calcaires.

Les murs construits avec ce mortier se désagrégent très-facilement et, comme ils sont toujours spongieux, ils sont presque toujours humides à l'intérieur. Je dois à la vérité de dire que, depuis quelques années, la Compagnie a renoncé à l'emploi de ce mortier.

Essai de fabrication d'agglomérés.

Dès que la fabrication des péras artificiels fut connue, la Compagnie de Graissessac fit agglomérer une bonne partie de ses menus, et c'est dès ce moment que date la fondation de cette usine.

Pour toutes voies de communication avec les centres de consommation des produits, il n'y avait à cette époque qu'un chemin assez mal entretenu, et qui n'arrivait que jusqu'au village. Les charbons étaient transportés des mines au lieu de chargement des charrettes à dos de mulet. La situation, comme on le voit, n'était pas brillante; car, à part les inconvénients dépendant de l'absence de routes praticables, les menus, entrant pour près de 70 pour 100 dans le chiffre d'extraction, encombraient les chantiers. Les premiers essais d'agglomérés permirent d'utiliser une bonne partie de ces menus.

On fabriqua des péras pesant depuis 50 jusqu'à 100 kil. et ayant des dimensions en rapport avec celles des véhicules destinés à en effectuer le transport. De cette façon, leur chargement devenait plus facile que celui des mottes sortant de la mine. On essaya même d'en fabriquer du poids de 500 kil.; mais on y renonça bien vite parce que la cohésion n'était pas suffisante, eu égard à leur volume: ils se cassaient très-facilement.

Cette fabrication toute primitive avait un outillage excessivement simple: quelques caisses de bois de chêne ou de toute autre essence de bois dur constituaient les moules; les mises successives de menus, mélangés avec le goudron amené à une consistance convenable dans des chaudières, étaient comprimées au moyen de dames de fonte manœuvrées par des ouvriers exercés. Les caisses étaient à charnières pour faciliter le démoulage des agglomérés.

Néanmoins et malgré tout le soin apporté à cette frabrication, ces péras n'étaient pas suffisamment maniables et manquaient de cohésion; aussi ce mode fut-il bientôt abandonné.

Dans cet intervalle, une Compagnie s'était constituée pour la construction d'une voie ferrée reliant les mines à la grande ligne des chemins de fer du Midi. Aussitôt l'embranchement de Béziers à Graissessac terminé, l'écoulement des charbons se fit avec une grande rapidité. La Compagnie houillère dut prendre des mesures immédiates

pour exécuter les commandes des consommateurs, tant en charbons qu'en agglomérés : l'extraction du charbon et la fabrication des briquettes prirent un nouvel essor. Plus tard, elle passa des marchés importants avec l'administration de la marine de l'État et la Compagnie des chemins de fer du Midi, qui, dans certains moments, a pris plus de 7,000 tonnes d'agglomérés par mois.

Machine Évrard.

La première machine à agglomérés achetée par les mines fut celle de M. Évrard. Son installation fut assez malheureuse : sa plaque de fondation fut cassée en la déchargeant. Une manœuvre ordonnée par un employé inexpérimenté détermina cette rupture. Malgré toutes les précautions prises dans la réparation qu'on lui fit subir, la machine eut à souffrir de cet accident dès sa mise en marche.

L'ouvrier qui fut envoyé pour en exécuter le montage resta à Graissessac comme chef de poste de cette machine, et, comme il en connaissait les moindres détails, il était à même plus que tout autre de savoir d'où pouvait provenir le moindre choc qui se produisait. Cette machine était bien entretenue et surveillée de près par lui, et produisait en moyenne 110 tonnes d'agglomérés par vingt-quatre heures. Cet ouvrier quitta Graissessac à la suite d'un accident très-malheureux dans lequel il perdit un bras ; dès lors, le chiffre de fabrication baissa chaque jour jusqu'à n'être plus que de 10 à 11 tonnes par poste de dix heures.

Ce fait prouve une fois de plus combien est indispensable dans toute industrie la présence d'un ingénieur ; quelle est l'importance des services qu'il est appelé à rendre et des progrès qu'il fait réaliser.

Lorsque l'administration vit le déclin de la machine Évrard, elle songea à la remplacer, et profita de cette circonstance pour déplacer l'usine en la rapprochant de la gare du chemin de fer. D'autre part, les rondins produits par cette machine n'avaient pas tous la même longueur ; cette irrégularité en rendait l'arrimage difficile. Pour obvier à cet inconvénient, la Compagnie fit choix de machines à compartiments limités. C'est ainsi que deux appareils du système David furent installés, et, dès qu'ils furent en marche, on ne se préoccupa plus autant de la

machine Évrard, qui, finalement, fut mise aux riblons et à la vieille fonte.

L'exploitation devenant de plus en plus prospère et les commandes d'agglomérés arrivant plus nombreuses, la Compagnie houillère assura leur prompte exécution en installant successivement, et à des intervalles de temps peu éloignés, une troisième machine du système Mazeline, une quatrième, hydraulique, du système Révollier, et, enfin, une cinquième David pour servir de machine de rechange au cas d'avaries à l'une des autres.

Aujourd'hui, la Compagnie dispose de cinq machines à briquettes pouvant marcher simultanément à deux postes et fournir, par vingt-quatre heures, une moyenne de 500 tonnes d'agglomérés de divers formats.

Plan d'ensemble.

Avant de passer en revue chacun des types de ces machines, d'examiner les diverses installations secondaires faites en vue d'assurer la meilleure marche possible, tout en tenant compte des améliorations apportées, et de montrer les modifications capables de simplifier la fabrication des agglomérés tout en baissant le prix de revient, il convient de jeter un coup d'œil sur le plan d'ensemble de l'usine pour connaître l'état des lieux, et dire en même temps quelques mots sur la préparation mécanique des matières premières employées dans cette fabrication.

A Graissessac, la topographie du terrain est telle que si, à l'origine, il avait été possible de prévoir l'avenir réservé à cette exploitation houillère, on aurait pu concevoir et exécuter un plan d'ensemble des installations extérieures très-remarquable au point de vue de la réduction de la main-d'œuvre. Malheureusement, ici comme dans beaucoup d'autres bassins, les choses se sont faites petit à petit, au fur et à mesure des besoins de l'exploitation.

A l'exception de ceux provenant de la mine Joséphine, tous les charbons arrivent à un niveau supérieur au sol de la gare du chemin de fer d'environ 30 mètres, et, pour arriver au quai de chargement, ils descendent de ce point culminant en passant par une série de gradins

où ils sont soumis à certaines opérations mécaniques : criblage, classification des qualités, triage à la main et lavage.

Le plan d'ensemble de l'usine à briquettes (pl. 88, fig. 1) nous montre une partie de cette disposition en gradins : une coupe transversale la rendrait plus sensible. Ainsi, tandis que le niveau des rails de la gare est à l'altitude 287,38, celui de l'usine est à celle 289,60, et celui du roulage des charbons lavés à celle 293,65.

L'usine est divisée en deux parties distinctes : la partie ancienne, où sont installées les trois machines David et la machine Mazeline ; l'autre partie, plus récente, renferme la machine hydraulique de M. Révollier. Les machines sont numérotées par ordre d'installation : les n°s 1, 2 et 5 sont du système David, le n° 3 est de Mazeline et le n° 4 de Révollier.

Chaque machine est installée dans une salle particulière dans le but très-probable de séparer le personnel affecté à chacune d'elles et de diminuer ainsi les chances d'accidents.

L'ancienne usine est à peu près symétrique dans ses divisions intérieures ; un mur longitudinal la divise en deux parties égales ou à peu près. La partie du nord comprend les salles des moteurs à vapeur et les chambres à charbon ; en face, se trouvent neuf chaudières à vapeur divisées en deux batteries, et à l'ouest, l'on voit deux broyeurs, du système Carr, adossés au mur de soutènement du passage entre l'usine et le magasin général d'approvisionnements. La partie du sud est réservée aux machines à briquettes, en face desquelles on remarque six fosses où l'on place les wagons en voie de chargement.

Je dirai en passant que le broyeur Carr se compose de deux disques tournant en sens inverse dans des plans verticaux parallèles. Chaque disque est fixé sur un arbre et porte deux ou trois couronnes de barreaux de fer rivés d'un côté sur le disque même et de l'autre sur une bande de fer circulaire. Les distances de ces couronnes au centre de rotation sont calculées de façon à ce que les deux disques puissent se rapprocher en intercalant leurs couronnes ; les arbres sont sur le même axe horizontal et sont commandés chacun par une poulie.

L'on voit aisément que, le broyeur étant en marche, si l'on introduit par le centre de l'appareil un corps susceptible d'être broyé, il rencontrera dans sa chute une première rangée de barreaux tournant dans un sens, puis une seconde tournant en sens inverse, une troisième animée du premier mouvement, une quatrième d'un mouvement inverse, et ainsi de suite si le broyeur comporte un plus grand nombre

de barreaux. La vitesse de l'appareil étant en moyenne de 350 à 400 tours à la minute, on peut se faire une idée de l'intensité des chocs.

De plus, le premier choc imprime aux parties du corps qui a été atteint une vitesse à peu de chose près égale à celle du broyeur, ou plutôt du barreau de fer rencontré, et en supposant qu'elles suivent la tangente, elles rencontrent presque instantanément la deuxième rangée de barreaux qui tourne en sens inverse; il s'en suit que l'intensité des chocs croît à peu près suivant une progression géométrique dont le premier terme est 1 et la raison 2.

Les bassins d'approvisionnement du brai sont placés : l'un, derrière le massif des chaudières, et l'autre, à une cinquantaine de mètres de distance de ce dernier dans la direction du nord. Le fond du premier est au niveau de l'usine; celui du second est à peu près au niveau du roulage des menus lavés pour les briquettes. Enfin, à l'est de l'usine est le Clédou, ruisseau torrentueux qui fit beaucoup de dégats à la Compagnie en 1870. Les cribles, les fours Appolt et les lavoirs sont installés sur sa rive gauche.

Matières premières. — Charbons employés à la fabrication des agglomérés.

Le bassin de Graissessac possède 15 couches exploitées ou exploitables. Certaines donnent des charbons assez propres : telles sont les veines Loubat, Brochin, du Passet et Poupon, qui dans certaines parties donnent, en suivant leur ordre, 3,90, 4,50, 5 et 6,50 pour 100 de cendres. Mais des prises d'essais, opérées sur les charbons tout venant, arrivant de la mine, ont donné à l'incinération des teneurs en cendres variant entre 12 et 15 pour 100. Par contre, les couches qui constituent la majeure partie du bassin produisent des charbons sales, qui ont donné aux essais jusqu'à 38 et 45 pour 100 de cendres. Cela tient sans doute à leur mélange avec les parties stériles du toit, du mur ou des nerfs qui divisent les couches dans leur épaisseur. La teneur moyenne de ces charbons est de 20 à 25 pour 100.

Généralement, tous ces charbons sont versés sur le même crible et les menus se mélangent ensemble. Cependant, on passe à part, et par séries de dix à douze bennes, les charbons donnant des menus propres à la fabrication du coke métallurgique. La même manœuvre se fait

également et journellement pour obtenir à part les menus provenant de bennes choisies et marquées d'un signe particulier dans la mine.

Ces menus choisis ne sont pas lavés; on les verse directement dans les chambres à charbon des lavoirs pour les mélanger anssi intimement que possible avec les menus lavés : on évite ainsi le déchet provenant du départ au lavage des boues et des poussiers. Malgré tout le soin apporté dans le choix de ces charbons, il arrive pourtant que leur teneur en cendres atteint 16 pour 100. Il résulte de cela que très-souvent la teneur moyenne en cendres des menus livrés à la fabrication des agglomérés est arrivée à 13 et 14 pour 100.

Cette façon de procéder de la part d'un directeur d'exploitation n'est pas avantageuse à sa Compagnie; car, si d'une part, le déchet au lavage est diminué, les charbons ne sont pas suffisamment propres et provoquent les plaintes des consommateurs qui, trouvant mieux ailleurs, s'empressent d'y aller.

La question du prix de revient motive quelquefois le ralentissement des travaux d'avenir, mais elle ne saurait en aucun cas empêcher l'exécution des travaux préparatoires dans les régions connues sans s'exposer à un moment donné à se voir obligé d'aller chercher dans les vieux travaux les restes de piliers ou de parements de galeries abandonnées pour faire l'appoint du chiffre d'extraction journalier; extrémité grave qui, tout en ne donnant que des charbons très-sales et éventés, ne donne pas une solution efficace, et compromet l'avenir de l'exploitation. C'est un système d'expédients qu'on doit abandonner au plus vite pour rentrer dans la bonne marche. Les prix de revient en seront gravement atteints, il est vrai, mais on récoltera dans l'avenir le fruit des premiers sacrifices.

Combien serait vaine la présence d'un ingénieur dans une branche quelconque de l'industrie, s'il ne songeait qu'aux nécessités journalières sans se préoccuper du lendemain! Dans ces conditions, la meilleure entreprise se réduirait bien vite à néant, et les actionnaires se trouveraient, d'une façon inattendue, en présence d'une situation impossible. Le rôle de l'ingénieur est plus élevé que cela. C'est à lui de prévoir et de préparer l'avenir d'une exploitation; c'est lui qui doit réaliser les intentions du législateur qui a fait la loi de 1810; c'est toujours lui qui doit diriger l'aménagement des richesses que la terre renferme et qui constituent une large part de la richesse nationale, sans qu'aucune partie en soit perdue ou gaspillée; c'est enfin à lui que, générale-

ment, la Société doit les découvertes des gisements minéralogiques et les méthodes à la fois sûres et sages, qui permettent d'en tirer le meilleur parti.

Lavoirs à houille.

Les menus criblés sont versés aux lavoirs qui sont installés en contre-bas du crible de deux gradins. Cet atelier comprend huit lavoirs : cinq pour les menus destinés aux briquettes, un pour ceux propres à la fabrication du coke métallurgique, un en réparation ou de rechange, et le dernier, du système Forey, pour relaver le déchet des sept premiers.

A part ce dernier, les autres sont des bacs à piston sans soupapes. Le levier imprimant le mouvement de va et vient au piston, au lieu d'être manœuvré à bras d'homme, est relevé par une came clavetée sur un arbre de transmission de la longueur de cet atelier : un moteur à vapeur fait mouvoir le tout. Cet arbre porte, en outre, les poulies nécessaires pour actionner les autres organes des lavoirs. Les angles de calage des sept cames sont égaux entre eux, de sorte que la chute des leviers sur l'arbre de transmission se fait successivement et à des intervalles égaux.

Le lavoir Forey est à 25 mètres environ de distance de l'atelier de lavage; il est mis en mouvement au moyen d'une transmission par câble métallique de 12 millimètres de diamètre : les vieux câbles dont on ne se sert plus dans les autres chantiers sont employés à cette transmission où ils finissent de s'user.

La course que fait parcourir la came au levier du lavoir est de $0^m.17$; celle du piston est de $0^m.14$ tout au plus et la chute de celui-ci détermine sur la table de lavage un coup d'eau de $0^m.06$ à $0^m.07$ de hauteur.

Je sortirais de la question si je donnais ici tout ce qui est relatif aux lavoirs à charbon. Je me propose de décrire ces appareils dans tous leurs détails, en y ajoutant mes observations particulières, lorsque j'aurai l'honneur de faire à la Société des Ingénieurs civils ma seconde communication. Cependant je crois devoir ajouter, aux indications qui précèdent, que la table de lavage est inclinée vers le releveur à charbon de $0^m,06$, et que, dans ces conditions, avec une vitesse de 32 à 34 coups

de piston à la minute, on obtient du charbon lavé à une teneur moyenne de 9 pour 100 de cendres. Généralement on lave entre 10 et 11 pour 100 de cendres pour se conformer aux conditions stipulées sur le marché passé avec la Compagnie des chemins de fer du Midi à laquelle on doit livrer les agglomérés avec une teneur maxima en cendres de 10,50 pour 100.

Le charbon lavé est versé dans une des trois chambres qui se trouvent immédiatement au-dessous de l'atelier de lavage et en avant des lavoirs. Là, il abandonne la majeure partie de l'eau entraînée à sa sortie du lavoir, et ce n'est que le lendemain ou le surlendemain qu'il est chargé dans des bennes et transporté dans les chambres à charbon des briquettes.

Les eaux boueuses sortant des lavoirs sont en partie dirigées dans la chambre où tombe le charbon lavé; les boues fines et légères sont entraînées par le courant de l'eau et elles se déposent à travers la masse de charbon; les boues lourdes sont chargées à la pelle et mêlées avec le déchet qui passe au lavoir Forey.

Je terminerai cette description sommaire en relatant que chacun des sept premiers lavoirs peut fournir 70 tonnes environ de charbon lavé par dix heures de travail effectif.

Matière agglomérante.

Le brai est la seule matière agglomérante employée à l'usine de Graissessac. La Compagnie le tire de l'Angleterre. Le brai est gras, demi-gras ou maigre suivant le degré de distillation que l'on fait subir au goudron dont il dérive. Gras et demi-gras, il convient parfaitement à la fabrication, le chauffage de la pâte s'effectuant par la vapeur d'eau à 4 ou 5 atmosphères; maigre, il donne de très-mauvais résultats à moins de porter le mélange à une plus haute température pour obtenir l'entière fusion du brai. Il est bon de remarquer que, plus cette matière est grasse et moins on en emploie dans la fabrication, parce qu'elle fond plus vite et se mélange plus facilement avec le charbon. C'est la qualité demi-grasse qu'on emploie à Graissessac.

Avant l'installation du premier désintégrateur, le brai était broyé par de gros moulins à noix; il y en avait deux ou trois dans l'usine, et chacun broyait tout au plus la quantité de brai nécessaire à la fabrica-

tion produite par une machine David. Deux de ces moulins sont encore installés à côté des doseurs des machines numéros 1 et 2.

Les broyeurs Carr remplacent très-avantageusement ces moulins; un seul suffit pour fournir du brai moulu aux quatre machines installées dans la partie ancienne de l'usine, l'autre sert de rechange en cas d'accident causant l'arrêt du premier.

Coke pulvérulent.

Depuis plus de deux ans la Compagnie des mines fait entrer une certaine quantité de coke pulvérulent dans la fabrication de ses agglomérés. Un premier essai avait été fait antérieurement à mon arrivée, mais il n'avait pas donné un résultat satisfaisant, et la Compagnie du Midi dut retirer l'autorisation qu'elle avait consentie eu égard au mode d'emploi de cette matière. Le second essai que je fus appelé à faire donna de meilleurs résultats; le Midi ne mit plus obstacle à l'introduction du coke pulvérulent dans les briquettes, et autorisa cet emploi, en ce qui concernait ses approvisionnements, jusqu'à concurrence de 5 à 6 pour 100.

Cette matière provient du criblage des escarbilles formant le déchet du coke métallurgique. Les fours Appolt, lorsqu'ils ne sont pas dans leur marche normale, en produisent une quantité notable. On passe ces escarbilles sur un petit crible à secousses formé d'un simple châssis de bois au fond duquel est fixée une tôle de fer de 2 millimètres d'épaisseur perforée de trous de 6 à 7 millimètres de diamètre.

Ce châssis est suspendu à un chevalet portatif, au moyen de quatre tringles faisant office de bielles. Ce petit outil, aussi simple que pratique, remplace avantageusement le tromel pour des opérations dans le genre de celle que je viens de décrire.

Nous verrons plus loin, en parlant de la fabrication proprement dite des agglomérés, le rôle que jouent ces diverses matières premières, charbon, brai et coke pulvérulent, et dans quelles proportions il convient de les employer pour arriver à un bon résultat. Maintenant, nous allons décrire et examiner chacun des types de machines employées à la fabrication des briquettes par la Compagnie des mines de Graissessac.

Je ne parlerai pas de la machine Évrard, puisqu'elle n'existe plus ici. Ce type a fait ses preuves dans d'autres exploitations, et la Compagnie

des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée en a tiré un excellent parti et continue de lui faire produire la majeure partie de ses agglomérés. Le mauvais résultat obtenu à Graissessac doit être attribué à l'accident arrivé à sa plaque de fondation.

Je ne donnerai pas non plus les dessins de cette machine; ce serait compliquer inutilement cette communication. On peut en voir un très-joli modèle au Conservatoire des Arts-et-Métiers, à l'entrée de la seconde salle du rez-de-chaussée, côté des machines industrielles et des appareils de métallurgie.

Également, je ne dirai rien des autres systèmes de machines non employés à Graissessac, ne voulant pas dépasser le cadre que je me suis imposé.

Machine David.

Nos 1, 2 et 5 *du plan d'ensemble de l'usine* (Pl. 88, Fig. 2, 3 et 4).

Ce système, connu de tous les ingénieurs, est d'une simplicité remarquable. Il consiste en deux roues engrenant ensemble et tournant en sens inverse sur leur axe horizontal : l'une porte les moules et est appelée pour ce motif roue mouleuse ou encore roue femelle ; l'autre est dentée, de telle sorte que chaque dent vient s'emboîter aussi exactement que possible dans le moule correspondant de la première et l'entraîne dans son mouvement de rotation ; elle porte le nom de comprimeuse ; on la nomme aussi roue mâle.

Cette roue mâle reçoit son mouvement de deux couples d'engrenages commandés par des pignons, et ceux-ci sont actionnés par la machine à vapeur au moyen d'une courroie partant de la transmission générale et venant passer sur la poulie de mise en marche du système.

La roue mouleuse porte 28 compartiments ou moules, ayant la forme d'un parallélipipède rectangulaire à angles un peu arrondis, et dont les dimensions sont : longueur $0^m.18$, largeur $0^m.09$, et profondeur $0^m.12$. Dans chacun des compartiments se trouve un piston de fonte ayant comme surface la section du moule occupé, perpendiculairement au rayon de la roue ; il porte à son extrémité inférieure une queue ou tenon qui vient s'assembler avec la mortaise faite sur une seconde pièce de fer forgé, appelée porte-piston. Cet assemblage, arti-

culé au moyen d'un boulon, est ajusté avec assez de jeu pour que le piston puisse jouer facilement dans son compartiment et s'accommoder du mouvement de son porte-piston.

Sur chaque côté de la roue mouleuse est un excentrique fixé sur le bâti de la machine et portant une rainure dans laquelle viennent se loger les extrémités des porte-pistons. Cette rainure leur fait décrire, autour de l'axe de la roue femelle, une courbe telle que les pistons prennent, à des moments donnés, certaines positions dans leur compartiment respectif, corespondant au remplissage du moule, à la compression de l'aggloméré et à son démoulage.

Prenons le compartiment placé à l'extrémité inférieure du diamètre vertical de la roue mouleuse et suivons sa marche. A ce point de départ, l'excentrique, en repoussant le piston vers la génératrice de la roue, a opéré le démoulage de la briquette; le piston affleure, c'est-à-dire, se trouve à la partie supérieure du moule et le cache complétement. Au fur et à mesure qu'il parcourt le premier quart de cercle, la courbe de l'excentrique rentre vers le centre de rotation de la roue et entraîne de nouveau le piston qui vient prendre la position inverse de celle qu'il occupait tout à l'heure : il se trouve au fond du moule. De cette position au point diamétralement opposé à celui de départ, le compartiment est prêt à recevoir le mélange qui doit constituer la briquette; il se remplit, en effet, dès qu'il passe sous le remplisseur. A partir de ce point, l'excentrique repousse le piston vers l'orifice de son moule et commence ainsi la compression de la briquette qui, au sortir du remplisseur, est retenue par un premier rouleau comprimeur et, après l'avoir dépassé, par la roue mâle dont la dent commence à engrener.

Lorsque le compartiment est près d'arriver sur la ligne droite passant par les axes des roues mâle et femelle, l'excentrique porte à ce point un galet sur lequel le porte-piston monte en opérant l'entière compression de l'aggloméré. C'est, si je puis m'exprimer ainsi, le moment maximum de compression.

De ce point à celui du départ primitif et aussitôt que le porte-piston est descendu du galet de compression pour suivre la rainure de l'excentrique, le piston est toujours repoussé en dehors de son compartiment, et le démoulage se fait progressivement jusqu'à la chute de la briquette sur la chaîne sans fin placée au-dessous de la roue femelle.

La roue mouleuse est surmontée d'un récipient appelé remplisseur, au-dessus duquel se trouve le malaxeur. Les lames du remplisseur et

du malaxeur sont montées sur le même axe vertical qui reçoit son mouvement de rotation d'un pignon conique engrenant une roue d'angle. Le fond du remplisseur porte une large ouverture, suivant son diamètre, dans laquelle passe la partie de la roue femelle qui renferme les compartiments. C'est par cette ouverture que le mélange chauffé dans le malaxeur tombe dans les moules. Les lames de ce premier récipient ont pour mission de régulariser le remplissage des moules à mesure qu'ils passent et d'opérer le premier tassement de la pâte.

Le malaxeur reçoit le mélange de charbon de coke pulvérulent et de brai. Ses lames mélangent aussi intimement que possible ces matières pendant que deux jets de vapeur opèrent la fusion du brai et portent le mélange à la température convenable, 90 à 95°. A sa base est une petite porte pour la sortie de la pâte, qui vient tomber dans le remplisseur; le débit de cette porte est réglé à volonté au moyen d'un bras de levier manœuvré par l'ouvrier qui surveille la marche de la fabrication.

Installations secondaires de la machine David.

En jetant un regard sur le plan d'ensemble, on voit immédiatement que l'installation de la machine n° 1, au point de vue de l'outillage secondaire, est tout à fait semblable à celle du n° 2. Il nous suffira donc d'examiner les dispositions prises pour assurer la bonne marche du n° 1 pour nous rendre compte du fonctionnement de l'ensemble.

Ce qui frappe tout d'abord, en visitant cette installation, c'est l'outillage adopté pour faire arriver le charbon et le brai dans le malaxeur.

Nous avons déjà vu que le charbon lavé était chargé aux chambres des lavoirs dans des bennes d'une forme particulière et versé dans les chambres des briquettes, et que le roulage de ce charbon se faisait à un niveau supérieur à celui du sol de l'usine de 4 mètres.

Lorsque les chambres des briquettes sont pleines, un ouvrier règle la chute du charbon dans la fosse d'une chaîne à godets ou noria qui le prend et le verse dans une trémie, sous laquelle se trouve un plateau distributeur. A côté de cette trémie s'en trouve une seconde, destinée à recevoir le brai venant du broyeur et pourvue d'un plateau distributeur semblable au premier, mais d'un moindre diamètre. Ces deux plateaux circulaires sont animés d'un mouvement de rotation autour d'un arbre vertical passant par le milieu des trémies; sur chacun

d'une articulation, prendre toutes les positions, depuis la tangente jusqu'au rayon du plateau. Le réglage de ces deux raclettes se fait au moyen d'une vis de rappel qui en même temps les fixe dans la position convenable.

Ces deux plateaux, ainsi montés, constituent ce qu'on appelle le doseur. En tournant, le charbon et le brai viennent rencontrer les raclettes et tombent en se mélangeant dans une petite fosse placée au-dessous du doseur; là, une vis sans fin, dite mélangeuse, entraîne le mélange dans une nouvelle fosse où une seconde noria le prend et l'élève au-dessus du malaxeur pour l'y verser.

Quant au coke pulvérulent, il est roulé et entassé auprès de la première noria, et l'ouvrier chargé de cet appareil le mélange avec le charbon qu'il fait tomber dans la fosse.

Quand les chambres ne sont pas pleines et que le niveau du charbon est au-dessous du couloir par lequel il s'écoule naturellement, un ou deux ouvriers, suivant l'état, entrent dans la chambre, et d'un ou deux jets de pelle jettent le charbon dans le couloir de la première noria.

Malgré la présence de ces deux ouvriers, il arrive parfois que ce releveur s'engage de manière à provoquer des arrêts considérables dans la fabrication, surtout lorsque la chaîne vient à se rompre sous les secousses produites par la tourte qui lui imprime le mouvement, avant d'avoir fait tomber la courroie de transmission.

Au niveau de la partie supérieure du malaxeur, un ouvrier veille à ce qu'il ne se remplisse pas trop de mélange. C'est lui qui fait les signaux nécessaires au dégorgeur[1] pour l'embrayage et le débrayage du doseur. En bonne marche, il faut tenir le malaxeur aux trois quarts plein. Ce même ouvrier surveille également le remplissage du malaxeur de la machine nº 2. Enfin, pour terminer l'énumération des ouvriers de l'intérieur de l'usine, je mentionnerai la présence d'un machiniste chargé de régler la marche des deux petits moteurs à vapeur et de les entretenir dans un parfait état de propreté.

Les agglomérés sont transportés à l'extérieur jusqu'au quai de chargement, où se trouvent les fosses des wagons en charge, par la chaîne sans fin.

1. Nom qu'on donne à l'enfant chargé de la surveillance du doseur.

Les débris de briquettes, surtout lorsque la fabrication n'est pas bonne, tombent au-dessous de la chaîne sans fin et finiraient par l'encombrer entièrement si un ouvrier n'était chargé de son nettoyage.

L'arrimage des agglomérés dans les wagons est fait par quatre femmes, filles ou jeunes garçons ayant la force et l'adresse suffisantes pour exécuter ce travail.

Personnel d'une machine David.

Comme on le voit, le personnel total affecté au service d'une machine David se compose de 4 hommes, 4 femmes ou filles et 1 adolescent, soit 9 personnes, qu'il faut porter à 11 lorsque les chambres à charbon ne sont pas pleines et qu'il faut y mettre 2 ouvriers supplémentaires pour approcher le charbon.

Format des briquettes David.

Le format des agglomérés produits par cette machine est tout petit. Ses dimensions sont : longueur $0^m,18$, largeur $0^m,09$, et épaisseur $0^m,07$ à $0^m,09$. Cette variation de la dernière dimension dépend de l'état des organes sur lesquels ou entre lesquels s'exercent les divers frottements.

Force de compression.

Il est très-difficile de déterminer exactement le degré de compression donné aux agglomérés par la machine David. L'état de ses organes varie dans de trop larges proportions.

Lorsque cette machine est neuve ou remise à l'état d'à peu près neuve, on peut évaluer la pression qu'elle exerce sur la briquette fabriquée à 85 ou 90 kilogr. par centimètre carré de section. Mais cette pression descend rapidement, jusqu'à être insignifiante, à mesure que l'usure des organes réduit la course des pistons.

Production journalière de la machine David.

Ce système de machine peut produire 55 à 60 tonnes de briquettes par poste de dix heures, si, pendant la marche, il n'est pas survenu des arrêts sensibles. Nous verrons plus loin quelles sont les causes de ces arrêts, et comment ils arrivent à réduire considérablement le chiffre de fabrication.

Durée du système David.

La machine David ne peut guère fonctionner plus de trois mois sans subir une réparation importante. Voici comment les choses se passent et quelles sont les pièces qui nécessitent ces réparations.

Nous savons que la roue mouleuse porte 28 compartiments et par conséquent autant de pistons et porte-pistons; les queues des porte-pistons qui sont engagées dans la rainure de chaque excentrique sont soumises à un frottement constant et énorme, et les points qui le supportent sont vite usés. Il en résulte une diminution de course du piston qui peut aller jusqu'à plus d'un centimètre; en outre, les deux joues de la rainure des excentriques, quoique étant de fonte, s'usent aussi et contribuent ainsi à cette diminution de course; d'autre part, les dents de la roue mâle subissent une usure assez grande (15 millimètres). La roue femelle, de son côté, est détériorée par le frottement de la briquette, au démoulage d'abord, et ensuite par celui de la roue mâle à la manière de deux roues d'engrenages.

Pour corriger, dans une certaine mesure, ces diverses usures, l'axe de la roue mâle est porté par deux coussinets de fonte mobiles entre deux glissières; cet axe porte, en outre, une espèce de chape traversée à la partie supérieure d'un arbre dont les extrémités reposent dans deux autres coussinets également mobiles entre les mêmes glissières. Au milieu de la chape est une forte vis servant à fixer sa position, et par suite celle de l'axe de la roue mâle. Derrière les deux coussinets de l'axe de la chape, le bâti porte deux points fixes; entre chacun des points fixes et le coussinet correspondant, on place une épaisseur de matière élastique constituée par des plaques de caoutchouc vulcanisé séparées entre elles par des cales en tôle de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Ce contact élastique a pour but de laisser la roue mâle obéir aux différentes résistances de la compression, et l'on voit tout de suite qu'à mesure de l'usure des dents de la roue mâle on peut augmenter l'épaisseur de ce matelas, en desserrant la vis pour pouvoir placer une nouvelle plaque de caoutchouc et rétablir ainsi cette roue dans sa position normale par rapport à la roue femelle.

Cependant, cette augmentation du matelas élastique a une limite qui, lorsqu'elle est atteinte, indique une usure des dents de la roue mâle telle qu'on ne peut plus la faire fonctionner sans s'exposer à produire une fabrication tout à fait défectueuse.

Les pistons, quoique ne s'usant pas aussi rapidement, perdent de leur volume et ne ferment plus aussi bien le fond des moules. Il résulte de tout cela que non-seulement les briquettes ne sont pas comprimées, mais qu'elles portent des bavures assez fortes pour déterminer un déchet sensible dans les wagons où elles sont arrimées. Il faut alors remettre la machine dans son état primitif.

Pour cela, les organes usés étant démontés, on commence par recharger à la forge les queues des porte-pistons, dont on ajuste à nouveau la mortaise; on fait ensuite décrire à la roue femelle, et dans un plan passant par son axe, un angle de 180 degrés, afin que les parties détériorées par le frottement des dents de la roue mâle ne continuent pas à subir l'usure; enfin, chaque dent de la roue comprimeuse reçoit une calotte en tôle de fer de 15 millimètres d'épaisseur, que l'on fixe par deux rivets, et on ajuste de nouveau les dents de façon à ce qu'elles entrent dans leur moule respectif sans laisser de vide. Afin d'éviter toute erreur dans le montage, chaque dent porte le numéro d'ordre du compartiment correspondant sur la roue femelle.

La machine remise dans cet état peut encore marcher trois autres mois, à l'expiration desquels il faut mettre la roue femelle et quelquefois la roue mâle à la vieille fonte et les remplacer par des neuves. Cela entraîne le remplacement de tout le jeu de pistons et de porte-pistons. Les excentriques, s'ils ne sont pas trop détériorés par des cassures à la suite d'accidents arrivés à la machine, peuvent encore servir.

Il est inutile de dire que les lames du malaxeur et du remplisseur s'usent plus rapidement que tout le reste du système; que le malaxeur subit une détérioration moindre, et qu'enfin, le pignon et la roue dentée

qui communiquent le mouvement à l'arbre du malaxeur sont sujets à être souvent remplacés.

A moins de cas extraordinaires, le reste de la machine sert presque indéfiniment.

Causes principales de détérioration du système.

Il nous reste à jeter un rapide coup d'œil sur les cas de ruptures et de détériorations ayant pour cause première une mauvaise fabrication.

La bonne ou mauvaise fabrication des agglomérés dépend surtout de la marche du doseur; cet appareil étant placé dans une salle distincte de la machine David, l'ouvrier chargé de la fabrication ne peut le surveiller d'une manière assez efficace, et, si l'on tient compte de ce que l'enfant chargé du doseur d'une manière spéciale est enclin à s'amuser plutôt qu'à faire attention à son service, on ne sera pas étonné du déchet de fabrication, qui atteint quelquefois une dizaine de tonnes par vingt-quatre heures. Ce déchet est tantôt trop maigre et tantôt trop gras, suivant que c'est l'écoulement du charbon ou celui du brai qui s'est arrêté pendant la marche du doseur.

Lorsque le mélange est trop gras la machine cachette, c'est-à-dire que la briquette, contenant une trop forte proportion de brai, s'attache après le piston et y laisse, au moment du démoulage, des cachets plus ou moins grands. Dans ce cas, l'ouvrier les enlève au moyen d'une pince plate. Si cette opération était négligée, les cachets iraient en grandissant et bientôt chaque briquette porterait sur la face correspondante des déformations assez importantes. La fabrication serait invendable. On obvie en partie à l'inconvénient du cachetage en faisant couler constamment sur la roue femelle un filet d'eau qui, après avoir refroidi les pistons, se répand sur les porte-pistons et les excentriques et les empêche de s'échauffer pendant leur fonctionnement. Cette eau coule également sur les briquettes.

Mais le plus grave inconvénient de l'état gras de la pâte n'est pas là. Si le malaxeur est rempli de pâte trop grasse, il arrive presque toujours qu'elle se prend en masse, et alors la résistance devient telle que les lames de ce récipient se tordent, ou que l'arbre vertical qui les porte se fausse au point où est fixée la couronne dentée, ou, enfin, l'arbre qui porte le pignon se tord ou se casse, si le pignon et la roue dentée

ne se brisent pas. Il s'en suit la mise en réparation de la machine et la nécessité de vider à la main toute la pâte renfermée dans le malaxeur, ce qui demande beaucoup de temps.

Lorsque, au contraire, le mélange est trop maigre, les moules s'en remplissent beaucoup trop; le remplisseur en laisse échapper une partie, qui tombe entre les porte-pistons et dans les rainures des excentriques ; les vides entre les dents de la roue mâle s'en remplissent également, et voici ce qu'il en advient.

La diminution de volume de l'aggloméré étant moindre qu'en bonne marche, la compression est plus grande que ne le comporte la force de la machine; les porte-pistons se faussent et déterminent des cassures aux excentriques; les engrenages forcent beaucoup trop et leurs dents se cassent; la roue mâle n'engrène pas assez parce que les bourrelets de charbon qui se sont formés entre ses dents s'y compriment au point de devenir durs comme de la pierre, et, comme le matelas placé derrière les coussinets de la chappe a une élasticité limitée, la machine marche par secousses et finirait par se briser si la résistance de tous les organes ne faisait tomber la courroie de transmission.

Dans ce cas, il faut que l'ouvrier ferme immédiatement la porte du malaxeur et fasse marcher la machine en arrière, afin de pouvoir dégager les compartiments trop pleins, et, après avoir vidé le remplisseur, remettre en marche en ouvrant très-peu la porte du malaxeur pour que cette pâte s'écoule petit à petit et sans trop remplir les moules.

Il va sans dire que dans tous les cas la fabrication doit être rejetée et mise au déchet, où on l'améliore en y ajoutant du brai si elle est trop maigre, du charbon si elle est trop grasse.

Je passe sous silence les arrêts provoqués par la rupture des courroies ou les avaries des moteurs à vapeur. Je ne parlerai pas non plus de ceux ayant pour principale cause l'introduction d'un corps étranger dans le malaxeur, tel que riblons de fer ou morceaux de pierre. J'étais sur le point de placer un treillis métallique sur chaque malaxeur pour empêcher cette introduction de corps étrangers au mélange.

Résumé sur la machine David.

En résumé, cette machine donne un assez bon résultat lorsqu'elle est bien entretenue et que les réparations se font en temps opportun.

Seulement, comme ses organes s'usent très-vite, cet entretien devient très-coûteux, ainsi qu'on le verra au prix de revient. Pour rendre les réparations aussi rapides que faciles, il est utile d'avoir toujours en magasin des pièces de rechange et d'organiser un outil quelconque qui permette d'opérer économiquement le montage et le démontage de la machine.

Machine système Mazeline.

N° 3 *du plan d'ensemble de l'usine.*

Ce type diffère essentiellement du précédent, tant par la forme que par la manière dont la compression est produite. Nous avons vu que dans le système David la compression est obtenue tout à fait mécaniquement, sans l'intervention d'une force immédiate, venant agir au moment même de cette opération ; dans celui que nous allons examiner, il en est autrement : c'est par le jeu d'un piston dans un cylindre à vapeur qu'elle est produite.

Primitivement, cette machine se composait de trois parties distinctes et séparées, quoique portées par la même plaque de fondation. D'un côté, le cylindre mouleur surmonté du cylindre comprimeur ; de l'autre, le malaxeur avec les divers organes de mouvement, et enfin, au milieu, le remplisseur avec son arbre vertical coudé et sa bielle courbe actionnant le cylindre mouleur [1].

Plus tard, l'inventeur l'a modifiée et a placé le remplisseur au-dessous du malaxeur, en rapprochant celui-ci du cylindre mouleur de toute la distance gagnée. C'est ce dernier modèle que je vais essayer de décrire. (Voir pl. 88, fig. 5 et 6.)

La plaque de fondation supporte, d'un côté, un premier bâti sur

1. **Le modèle de cette première disposition existe au Conservatoire des Arts et Métiers, et se trouve à côté de celui de la machine Évrard.**

lequel sont fixés le malaxeur et le remplisseur superposés. Un arbre vertical, en deux parties, passe par l'axe de ces deux appareils et est maintenu : à l'extrémité supérieure, par un croisillon boulonné sur la cornière du malaxeur; à l'extrémité inférieure, par une crapaudine boulonnée sur le bâti.

La partie supérieure de cet arbre porte les lames du malaxeur et, immédiatement au-dessous de ce récipient, un excentrique qui commande le tiroir de distribution de vapeur au cylindre de compression. Le point de réunion des deux parties se fait au-dessus du remplisseur au moyen d'un manchon de forme particulière sur lequel on fixe par des boulons les lames de ce second récipient.

Au-dessous du remplisseur, cet arbre porte une came destinée à faire fonctionner un levier qui pousse les agglomérés sur la chaîne sans fin et que l'on nomme chasse-briquettes. Cet appareil est placé de telle manière, que la plaque de tôle qui pousse la briquette au moment où elle est entièrement démoulée oscille dans un plan horizontal placé à quelques centimètres au-dessus du cylindre mouleur.

Au-dessous de la came, l'arbre est coudé et reçoit la chape d'une bielle curviligne qui, à chaque révolution, fait décrire au cylindre mouleur un arc de 36 degrés. Enfin, une couronne dentée est clavetée à l'extrémité inférieure, immédiatement au-dessus de la crapaudine. Sur le côté du bâti, une chaise de fonte, scellée sur une pierre de taille, supporte un des paliers de l'arbre de transmission du mouvement; le second palier est fixé sur le bâti même de la machine. Cet arbre intermédiaire porte deux poulies, dont l'une est folle, et un pignon d'angle qui engrène la couronne dentée par dessous. Ces poulies sont munies d'un débrayage qui permet d'arrêter la fabrication tout en laissant marcher le moteur à vapeur, qui fait mouvoir également les désintégrateurs.

Telle est la première partie.

La seconde se compose d'un autre bâti supportant le cylindre mouleur à une certaine élévation. Ce cylindre a $1^{m},45$ de diamètre et $0^{m},42$ d'épaisseur ; il est percé de part en part, suivant son épaisseur, de dix ouvertures équidistantes ayant $0^{m},267$ de longueur et 0,168 de largeur, dans chacune desquelles est placé, à frottement dur, un moule de tôle d'acier de $0^{m},006$ d'épaisseur, maintenu en place par deux fortes vis. Ces moules ont donc intérieurement $0^{m},255$ de long, $0^{m},156$ de large et $0^{m},150$ de profondeur. Dans chaque moule est un tasseau de fonte,

d'une forme particulière et pesant 75 kilogr. environ, ajusté avec assez de jeu pour qu'il puisse monter et descendre dans son compartiment sans frottement appréciable.

Sur la circonférence décrite par la base de ces tasseaux et dans le sens du mouvement du cylindre mouleur, le bâti porte un plan incliné qui a son point bas où se fait la compression et son sommet au point diamétralement opposé. C'est à ce dernier point que la briquette démoulée est chassée sur la chaîne sans fin. Dans le reste du parcours se trouve un autre petit plan incliné qui permet aux tasseaux de descendre rapidement à leur premier niveau pour que les moules puissent prendre le volume de pâte nécessaire en passant sous le remplisseur. Dans le cas où un frottement quelconque en neutraliserait la pesanteur, les tasseaux portent sur leur face extérieure, et parallèlement à ce dernier plan incliné, une rainure dans laquelle vient passer une bande d'acier formant guide et ayant pour mission de les forcer à descendre à leur première position.

Le chemin parcouru par les tasseaux dans leur mouvement de translation autour de l'axe vertical du cylindre mouleur, porte une solution de continuité au point où se fait la compression. C'est dans cet espace vide que se trouvent les organes opérant l'achèvement de l'aggloméré. A ce point, le cylindre mouleur est surmonté d'un sommier contre lequel la briquette est comprimée; ce sommier est relié à la plaque de fondation par deux colonnes de fonte servant d'entretoises, traversées par deux forts boulons passant par leur axe.

Le cylindre mouleur est surmonté de l'appareil à vapeur chargé de la compression[1]. La tige du piston passe au centre de l'axe creux du cylindre mouleur et vient s'atteler sur l'extrémité d'un levier du second genre placé au-dessous de tout le système. Au point d'application de la résistance, ce levier porte une sellette de fonte sur laquelle viennent se placer à tour de rôle les tasseaux du cylindre mouleur : c'est par son intermédiaire que chacun d'eux est soulevé dans son compartiment plein de pâte au moment de la compression.

Pour mieux nous rendre compte du fonctionnement de cette machine, nous allons suivre la marche d'un compartiment à partir du point où il sort de dessous le remplisseur : il est alors rempli de pâte d'agglomérés.

1. C'est un cylindre à vapeur à simple effet.

Pendant la compression de son voisin, l'arbre coudé au-dessous du remplisseur a décrit un arc de 150 degrés environ; pendant qu'il parcourt l'arc supplémentaire, le tiroir ouvre l'échappement de la vapeur et le levier avec le piston, sollicités par la gravité, retombent à leur première position; la sellette redescend également à son niveau inférieur. Mais, au premier moment de cette descente, l'arbre coudé a commencé sa seconde demi-révolution, et la bielle a poussé le cylindre mouleur et fait passer le tasseau sur le plan incliné, et, avant que celui du compartiment que nous considérons arrive sur la sellette, celle-ci est arrivée à son point de départ.

La bielle courbe sollicite le cylindre mouleur jusqu'à ce que le tasseau en question arrive sur le milieu de la sellette, et, c'est au moment où elle quitte le cran que le tiroir, fermant l'échappement, ouvre l'admission de la vapeur et que la compression s'opère. Aussitôt terminée, l'échappement a lieu; la bielle fait décrire au cylindre mouleur un nouveau dixième de tour et le tasseau passe sur le plan incliné en même temps qu'un autre le remplace sur la sellette.

Les points où s'opèrent la compression et le démoulage de la briquette étant placés aux deux extrémités d'un même diamètre, et, à chaque révolution de l'arbre coudé le cylindre mouleur n'avançant que d'un dixième de tour, il en résulte que le démoulage s'effectue en cinq mouvements successifs; comme, d'autre part, l'épaisseur normale de l'aggloméré est de $0^{m}.10$, à chaque mouvement le démoulage se fait de $0^{m}.02$.

Arrivé à sa cinquième position, c'est-à-dire au sommet du plan et au moment même où la compression d'un autre commence, l'aggloméré est poussé sur la chaîne sans fin. Deux révolutions de l'arbre du malaxeur font parcourir au tasseau le petit plan incliné qui suit et il se trouve sous le remplisseur. C'est pendant ce petit parcours que le guide passe dans la rainure de la base du tasseau et le force de descendre à son premier niveau.

Arrivé sous le remplisseur, il lui reste encore deux dixièmes de tour pour atteindre son point de départ primitif, et c'est pendant cet intervalle que le moule se remplit à nouveau de pâte.

Dispositions particulières appliquées à la machine Mazeline.

On remarque de suite que le passage successif et constant des moules pleins de pâte sous le sommier, doit rapidement déterminer l'usure de la partie contre laquelle la compression s'opère, et que cet organe serait très-vite mis hors de service, si l'on n'avait pris une disposition convenable à cet égard.

En effet, après trois mois environ de service, les briquettes arrivent à avoir une surépaisseur de 10 à 15 millimètres aux dépens du degré de compression; alors elles n'offrent plus une cohésion suffisante. Voici en quoi consiste l'amélioration apportée au sommier de compression :

A la place où la briquette s'appuie et sur une surface plus grande que celle que présente la section horizontale du moule, le sommier porte un évidement en forme de queue d'aronde pouvant recevoir à frottement doux une plaque d'acier fondu de 40 à 45 millimètres d'épaisseur. Cette pièce, appelée plaque de compression, porte un talon percé d'un trou de 35 millimètres de diamètre taraudé, et lorsque l'usure l'a rendue impropre au service on l'enlève très-facilement avec un boulon que l'on visse dans le trou du talon jusqu'à ce que la tête filetée vienne butter contre le sommier; en continuant de visser, la plaque sort sans trop d'efforts et on la remplace immédiatement.

Cette plaque, ainsi ajustée, permet de se servir indéfiniment du sommier tout en offrant le moyen d'obtenir une fabrication convenable et à peu près uniforme. Elle offre encore le précieux avantage de pouvoir racheter l'usure du cylindre mouleur et des disques sur lesquels il tourne; il suffit, pour cela, de lui donner une surépaisseur ou saillie, égale à celle enlevée par le frottement à ces derniers organes.

Les moules d'acier présentent également cet avantage qu'on peut se servir très-longtemps du cylindre mouleur tout en obtenant une fabrication irréprochable, en les remplaçant à mesure que l'usure les met hors de service; opération d'une exécution prompte et facile.

Une autre pièce qui s'use rapidement, c'est la sellette. Mais, comme elle est tout à fait indépendante du système et qu'elle ne demande aucun ajustage lorsque le modèle en est bien fait, on peut la remplacer en

quelques instants. On doit toujours avoir en magasin des pièces de rechange.

Vitesse et production de cette machine.

Chaque briquette du format Mazeline pèse en moyenne $4^k.500$; un tour complet du cylindre mouleur produit 45 kilogrammes d'agglomérés. En supposant une vitesse de rotation de 2,5 tours à la minute, vitesse qu'on peut facilement atteindre, on voit que la production par minute est de $112^k.500$, par heure 6 750 kilogrammes, et par poste de dix heures 67 500 kilogrammes, soit, en tenant compte des petits moments d'arrêt qui peuvent surgir, une moyenne de 120 à 130 tonnes par 24 heures.

Néanmoins je ferai remarquer que le chiffre de fabrication peut aller au-delà de ceux que je viens de donner. Ainsi, le 5 février 1875, cette machine a produit en 10 heures 78 630 kilogrammes de briquettes. Cependant il ne serait pas convenable de marcher à cette vitesse excessive ; on s'exposerait à de graves accidents; il suffirait que la sellette fût accrochée par un tasseau pour briser la bielle et fausser peut-être l'arbre coudé. Pour une marche pareille il faut que tous les organes soient très-propres et jeter de temps en temps quelques seaux d'eau sur la sellette, afin d'entraîner le charbon qui tombe des moules et qui pourrait entraver son fonctionnement.

Il est facile de voir que le degré de compression des agglomérés produits par cette machine dépend surtout de la pression effective de la vapeur dans le cylindre et de l'étanchéité du piston comprimeur. Pour avoir une fabrication tout à fait irréprochable, il faut que la pression de la vapeur dans les chaudières soit de $4^k.5$ à 5 kilogrammes, ou, en d'autres termes, disposer d'une pression effective de $4^k.5$ à 5 kilogrammes par centimètre carré sur la surface du piston. Avec une pression effective de $4^k.500$ sur le piston comprimeur, on arrive à produire sur les agglomérés, une pression de 115 kilogrammes par centimètre carré de section.

Causes d'accidents.

Les inconvénients que j'ai signalés dans la marche de la machine David, lorsque la pâte devient trop maigre, n'existent pas à celle-ci. La

compression étant constante dans tous les cas, c'est-à-dire, ne pouvant pas aller au-delà de la force produite par le jeu du piston comprimeur, si les moules se remplissent trop, la course de ce piston est moindre que d'habitude et la briquette sort avec une épaisseur plus grande sans qu'il en résulte le moindre danger pour la machine.

Ce qui est à redouter, au contraire, c'est que les moules ne se remplissent pas suffisamment, ce qui arrive lorsque la pâte est trop grasse, parce qu'alors la course du piston devient trop grande, et il vient frapper contre le fond supérieur du cylindre à vapeur qu'il peut briser.

En ce qui concerne le malaxeur, les accidents que j'ai signalés dans celui de la machine David lorsque la pâte est trop grasse, sont les mêmes pour celui de la machine Mazeline.

Dispositions secondaires.

Pour la machine Mazeline, les dispositions de l'outillage secondaire changent. Ici, le doseur et par suite la première noria et la vis sans fin sont supprimés ; le mélange des matières premières se fait à la pelle par trois ouvriers, et un gamin le jette dans la fosse du releveur qui le verse dans le malaxeur. Un de ces trois ouvriers est spécialement chargé de l'addition du brai et du coke pulvérulent. A moins que la matière agglomérante change de qualité pendant la fabrication, la pâte qui résulte de ce mode de mélange est à peu de chose près uniforme. D'ailleurs, si elle laissait à désirer quelquefois et pour quelque motif que ce fût, l'ouvrier chargé de la fabrication s'en apercevrait tout de suite et donnerait les ordres nécessaires aux mélangeurs pour rectifier les proportions. Je ferai remarquer, en passant, qu'on emploie le même mode de mélange, lorsque la machine n° 5 du plan d'ensemble fonctionne.

Résumé sur la machine Mazeline.

En résumé, cette machine donne de magnifiques résultats tant au point de vue de sa marche simple et uniforme, de la bonne qualité de la fabrication, que du tonnage produit. Bien entretenue, elle peut fonctionner nuit et jour pendant des périodes de 6 à 8 mois sans grosses réparations. Cependant, il est indispensable que chaque dimanche elle

soit soumise à un examen minutieux et qu'on lui fasse subir les petites réparations courantes.

Quant aux grosses réparations, elles sont assez longues si l'on n'a pas sous la main de bons ouvriers et surtout un bon chef d'atelier qui connaisse la machine d'une manière convenable pour bien diriger les opérations du démontage et du remontage.

Moteurs à vapeur des petites machines.

Il me reste à dire quelques mots sur les moteurs à vapeur qui font mouvoir les machines nos 1, 2, 3 et 5 et les broyeurs Carr.

Chacune des premières machines David est mue par un petit moteur sortant des ateliers Mazeline qui, s'il n'est pas élégant de formes et n'a pas reçu tout le fini désirable, n'en constitue pas moins une bonne machine à vapeur.

Ces petits moteurs sont pourvus d'organes solides ayant résisté depuis longtemps à l'épreuve de toutes sortes de causes tendant à les disloquer. La plupart du temps ils sont conduits par un adolescent de 15 à 16 ans que l'on met là pour faire l'apprentissage de machiniste. Le chef de poste le surveille de près et le met au courant pendant les premiers jours.

Ces moteurs font un bon service et n'exigent pas un grand entretien. Le seul défaut qu'on puisse leur reprocher, c'est d'avoir un mauvais système de serrage des coussinets à la tête de bielle. Il est bien rare qu'ils ne choquent pas au passage des points morts, et si l'on veut éviter le choc en serrant les coussinets le tourillon du plateau chauffe. L'usure des coussinets est énorme et il faut les changer souvent.

Le cylindre à vapeur de ces moteurs a une longueur égale à son diamètre; son tiroir est à coin et fonctionne parfaitement; la course du piston est de 0m.445, son diamètre 0m.455, et sa vitesse de 1 mètre par seconde. La pression absolue moyenne de la vapeur est de 3 atm. 50. Ce moteur développe une force bien supérieure à celle qu'exige le fonctionnement de la machine David.

Quant au moteur de la machine Mazeline, il n'offre rien de remarquable. Il sort également des ateliers de Mazeline; il n'est ni à détente, ni à condensation, et ses dimensions sont les suivantes : diamètre du piston 0m.560; course du piston, 1 mètre; vitesse, 1m.50 environ par

seconde; pression moyenne absolue, 3 atm. 50 à 4 atmosphères. Avant d'être à la place qu'il occupe, ce moteur faisait mouvoir la machine Évrard.

Outillage des quais de chargement pour l'arrimage des agglomérés.

Avant de passer à l'examen de la machine hydraulique, je vais tâcher de faire le résumé des essais d'améliorations apportées aux chaînes sans fin, servant à transporter les briquettes de dessous les machines au quai de chargement des wagons.

Cette partie de l'outillage de l'usine de Graissessac a été l'objet de modifications assez importantes pour que je les consigne dans cette note. Mais, avant, il est nécessaire de montrer comment ces chaînes fonctionnent : nous examinerons celle de la machine n° 1.

La chaîne sans fin a environ 13 mètres de longueur ou 26 mètres développée. Une extrémité se trouve sous la machine et l'autre sur le bord du mur séparant deux fosses à wagons. Au-dessous de la machine, elle est portée par deux petites tourtes hexagonales de fonte, ayant un boudin de 2 à 3 centimètres de hauteur sur la face extérieure, afin d'empêcher le déraillement de la chaîne. Ces deux tourtes, montées sur un arbre horizontal qui porte à l'un de ses bouts une poulie de transmission, sont clavetées à une distance l'une de l'autre telle que la chaîne ne puisse dans aucun cas tomber sur l'arbre qui les porte. Une deuxième poulie est fixée sur un des arbres portant les engrenages du système David, et transmet le mouvement à la première par l'intermédiaire d'une courroie. Ces tourtes en tournant impriment à la chaîne un mouvement de translation.

A l'autre extrémité de la chaîne, le même système de tourtes est appliqué avec cette modification que là, il n'y a pas de poulie et que l'arbre est monté sur deux coussinets mobiles entre deux glissières ; chaque coussinet porte une vis qui passe dans le châssis de fonte et permet de tendre convenablement la chaîne. Ce tendeur offre l'avantage de racheter l'usure des tourillons et l'allongement de la chaîne par l'ovalisation des trous des platines.

La longueur d'un maillon est de $0^m.145$ millimètres d'axe en axe des articulations, et sa largeur est de $0^m.330$ millimètres. Le côté de l'hexa-

gone a une longueur proportionnée à celle du maillon. Enfin, la chaîne est maintenue de niveau, ou à peu près, par des supports placés à 1m.05 environ de distance les uns des autres.

Chaînes sans fin.

Le maillon de la chaîne primitive se composait de deux platines parallèles en fer de 10 millimètres sur 20 millimètres réunies et maintenues à la distance voulue par une petite plaque de tôle rivée sur leur face intérieure, servant d'entretoise. Les deux bouts des platines étaient percés d'un trou de 12 millimètres de diamètre; deux maillons successifs étaient réunis et articulés entre eux par un rondin de 15 millimètres, terminé à chaque extrémité par un petit tourillon de 12 millimètres.

La chaîne ainsi constituée fut mise en marche et donna de mauvais résultats. Le frottement continuel de la tôle sur les tourtes, surtout à la partie recourbée en forme de cornière, usa très-vite les bords, et dès qu'un angle se trouva assez relevé, il fut accroché par le bâti de la machine ou par les supports intermédiaires et la chaîne se disloqua. L'usure étant à peu de chose près uniforme dans toute la longueur de la chaîne, la dislocation d'un maillon fut le signal de celle de la chaîne entière; à chaque rupture la réparation immédiate devenait de plus en plus difficile, et les arrêts dans la fabrication de plus en plus nombreux et longs. La machine à briquettes ne faisait plus qu'un chiffre de fabrication dérisoire.

Ces inconvénients ajoutés à la cherté du système le firent bien vite abandonner, et on le remplaça par le suivant :

Ce second système ne diffère du précédent que par la suppression de la plaque de tôle rivée et son remplacement par deux rondins intermédiaires de 12 millimètres formant entretoises et rivés sur la face extérieure des platines. La chaîne est donc constituée par une suite de grils articulés de la même manière que dans la précédente.

Son essai donna de meilleurs résultats; elle durait facilement quatre mois sans se rompre, mais aussitôt qu'elle commençait à se casser il fallait s'en occuper constamment. Les arrêts se répétaient alors jusqu'à 10 et 12 fois par poste et la fabrication en était considérablement atteinte.

La cause de ces différentes et fréquentes ruptures gisait dans le sys-

tème d'assemblage de la chaîne. Comme l'écartement des platines n'était maintenu que par ces rondins intermédiaires, dès que le frottement contre les joues de la tourte avait usé leur rivure, la chaîne se rompait au moindre faux mouvement. De là, arrêts plus ou moins longs et nombreux.

Dans un troisième système, les platines furent changées de forme et de disposition. Elles furent faites avec du fer de 8 millimètres sur 20 millimètres et placées à plat au lieu d'être de champ. Dans ce système, les deux bouts de la platine sont repliés à chaud sur eux-mêmes en ménageant l'ouverture nécessaire pour l'entrée du tourillon d'articulation. L'écartement des platines est maintenu par un épaulement sur chaque extrémité du rondin et par une goupille passée dans un petit trou percé sur le bout du tourillon. Les maillons n'ont que 0m.095 millimètres de longueur d'axe en axe.

Les bouts repliés de ces platines furent d'abord rivés afin d'empêcher leur redressement ; mais par la suite, pour simplifier la construction de la chaîne et en diminuer la main-d'œuvre, on supprima les rivets.

Les tourtes de ce système diffèrent complétement des autres ; elles ne portent pas de boudin et au lieu d'avoir la forme hexagonale, elles ont celle d'une roue d'engrenage à dents inégalement distantes. En outre, l'entraînement de la chaîne se fait par l'intermédiaire des rondins d'articulation à la manière d'une chaîne Gall.

Ce système fut essayé à la machine Mazeline. Sa durée fut très-courte et les résultats peu satisfaisants. Les goupilles ne formaient pas un obstacle suffisant et les bouts repliés des platines se redressaient en tendant la chaîne qui, lorsqu'elle ne l'était pas assez, n'était plus entraînée par la tourte. Les arrêts furent plus nombreux qu'auparavant, et je dus, dès mon arrivée, la remplacer par une vieille chaîne à grils.

Ces échecs successifs me déterminèrent à faire l'essai du système suivant dans lequel, pour obtenir une plus longue durée, j'augmentai les dimensions des fers employés.

Les platines sont en fer de 15 millimètres sur 30 millimètres ; les rondins d'articulation ont 18 millimètres de diamètre avec des tourillons de 12 millimètres. Il restait donc de chaque côté du trou de la platine une épaisseur de métal de 9 millimètres.

L'assemblage des maillons fut modifié : les platines intérieures conservèrent le trou cylindrique, tandis que celles extérieures reçurent un

trou conique; le tourillon d'articulation dépassa l'épaisseur des deux platines de 4 millimètres environ et fut rivé de manière à remplir le cône. Ainsi assemblée, la chaîne ne pouvait plus se disloquer qu'au cas où les rondins seraient cisaillés; mais les tourillons ayant 12 millimètres, peuvent résister à un effort de 700 kilogrammes, et jamais la chaîne n'est soumise à une tension pareille.

Les rondins intermédiaires furent supprimés et remplacés par des planchettes de bois blanc, d'une épaisseur égale à celle de la chaîne, fixées par des vis ou des clous.

La chaîne ainsi construite a été mise en marche le 24 août 1874. Au 1er septembre 1875 elle n'avait subi qu'une rupture par suite de l'oubli qu'avait commis un ouvrier en remplaçant un rondin sans le river, pour raccourcir la chaîne. On voit que les résultats qu'elle a donnés sont très-satisfaisants.

L'essai des planchettes en bois est moins concluant : les clous prennent vite du jeu, et les planchettes finissent par tomber en s'accrochant au bâti de la machine. Leur remplacement, il est vrai, ne demande qu'un instant; en une minute on peut en remplacer 4 ou 5, et leur valeur est insignifiante.

La raison qui me fit adopter les planchettes c'est que les briquettes s'y tiennent mieux dessus, et que les arrimeurs éprouvent moins de difficultés à les prendre pour les mettre dans les wagons.

Tous ces détails paraissent insignifiants; cependant ce sont ces petits riens qui aident ou retardent la marche d'une machine d'une manière très-sensible. Ils influent suffisamment sur les chiffres de fabrication, pour qu'on en tienne compte.

Ce système de chaîne me permit, à un moment où les arrimeurs faisaient défaut, d'installer une raclette qui faisait tomber les briquettes sur un glissoir, d'où les arrimeurs les prenaient : trois arrimeurs au lieu de quatre suffisaient à la besogne.

Tourtes.

J'ai fait subir aux tourtes une modification qui a donné un très-beau résultat. Le passage des platines sur les côtés de l'hexagone détermine l'usure des angles, et tend à donner à la tourte la forme d'un cercle circonscrit et tangent aux côtés de la première figure; les tourtes

finissent par tourner à la manière d'un cylindre sans entraîner la chaîne.

Pour faire disparaître cet inconvénient, j'ai fait échancrer le milieu des côtés de l'hexagone en ne laissant aux angles que deux ou trois centimètres d'épaisseur de fonte. De cette façon la platine porte toujours, malgré l'usure, sur les deux points extrêmes d'une ligne droite et l'entraînement de la chaîne est assuré pour longtemps. Ce système a été mis en marche le 24 août 1874 et a parfaitement fonctionné jusqu'au 19 juillet de l'année suivante; tandis que l'ancien modèle durait à peine quatre mois.

Supports de chaînes sans fin.

A mon arrivée à Graissessac, ces supports consistaient en des piquets de bois plantés dans la terre de chaque côté de la chaîne et reliés ensemble par deux rondins de fer sur lesquels tournaient deux petits galets de bois supportant la chaîne. Le bois s'usait inégalement et les galets ne tournaient plus. On remplaça ces galets par des rouleaux de même matière tenant toute la largeur de la chaîne; mais les mêmes inconvénients se manifestèrent avec une aggravation marquée. Les débris de charbon se coinçaient sous les rouleaux, et la chaîne traînait sur une couche de déchet d'agglomérés et finissait par ne plus marcher ou par se rompre. Un homme ne suffisait pas pour faire le nettoyage; on lui adjoignait un enfant qui, avec une petite raclette de fer, la pelle ne pouvant pas y passer, dégageait le charbon coincé sous les rouleaux et sous la chaîne. Malgré cela, une demi-heure après le nettoyage, la chaîne se trouvait dans l'état d'auparavant.

A la machine Mazeline les supports de bois étaient sciés par la chaîne qui, en déraillant, mettait obstacle à la fabrication.

Mon prédécesseur, cherchant à faire disparaître ces inconvénients qui limitaient le chiffre de production jusqu'à la réduire à la moitié de ce que pouvait faire une machine, fit exécuter un système de supports de fonte avec galets de même métal et l'appliqua à la machine David, n° 5. Pour éviter l'encombrement du déchet sous la chaîne, il éleva cette machine à $0^{m}.50$ au-dessus du sol de l'usine, et il fixa ses supports sur des pierres de taille faisant saillie sur le sol.

Ce système est meilleur que le précédent; il fonctionne encore aujour-

d'hui, rarement il est vrai, puisque cette machine n'est là que pour servir de rechange. Sa construction est assez complexe et le coût élevé, tout en ne remplissant pas très-bien toutes les conditions désirables. Il faut, dans ces sortes d'usines, des outils très-résistants et ne demandant que peu de soins. C'est dans cet ordre d'idées que j'ai étudié et fait exécuter le système suivant.

Pour permettre d'effectuer le nettoyage de la chaîne avec une pelle, je n'ai mis de supports que d'un seul côté, laissant l'autre parfaitement libre. Ces supports de fonte sont scellés sur des pierres de taille encastrées dans un mur qui règne tout le long et d'un seul côté de la chaîne. Ils portent chacun deux axes pour recevoir les galets de même métal. Comme tout le système est en porte à faux, j'ai conservé aux axes la plus grande section possible à leur point d'encastrement afin que dans aucun cas, même sous le poids de deux hommes passant sur la chaîne, ils ne fléchissent pas. Les axes sont faits avec des rondins de fer de 35 millimètres; les portées sont tournées à 30 millimètres, ainsi que la partie encastrée, à l'exception des trois ou quatre derniers centimètres qui sont tournés à 20 millimètres, et dont la moitié est filetée.

Le diamètre et la profondeur des trous du support correspondent à ceux des axes en sorte qu'on peut serrer l'écrou à bloc sans empêcher le galet de tourner sur sa portée.

Ce dernier système offre plusieurs avantages incontestables: la chaîne est parfaitement suspendue et demande peu de force pour être mise en mouvement; un homme peut la faire mouvoir sans trop forcer; la courroie qui la commande s'use très-peu et dure un an environ, tandis qu'avant il en fallait une presque tous les mois; enfin, c'est une installation qui, une fois faite, durera aussi longtemps que l'usine existera sans qu'il soit nécessaire d'y faire la moindre réparation.

Les axes s'useront, il est vrai; mais ils peuvent être facilement remplacés, et le fer qui restera d'eux peut être utilisé pour d'autres travaux sans perte notable. Les galets de fonte ne s'useront presque pas et serviront longtemps; l'expérience l'a prouvé. Après huit mois de marche continuelle, il a suffi de faire décrire aux axes un arc de 180° pour les faire servir encore autant de temps, et, après ces seize mois, les galets étaient presque intacts; leur centre s'était agrandi de $\frac{1}{2}$ millimètre et ils ont pu servir encore en tenant compte de cette différence sur les portées des axes nouvellement placés. Enfin, l'entretien de ce système est presque

nul; chaque galet porte un trou graisseur et il suffit d'y mettre quelques gouttes d'huile au commencement de chaque poste pour que tout marche parfaitement. Dans le cas où il se formerait sur les portées une épaisseur de cambouis capable d'empêcher le mouvement de rotation, le démontage en est excessivement simple et le nettoyage vite fait.

Ces supports furent d'abord expérimentés à la machine n° 1; quatre mois environ après je les appliquai au n° 2, et plus tard la machine Mazeline en fut également pourvue.

La fabrication s'est beaucoup ressentie de ces améliorations en permettant de bénéficier du temps qui se perdait autrefois au raccommodage des chaînes, des supports et des galets.

Tendeurs.

Une légère modification à ces appareils nous a permis de pouvoir détendre ou tendre la chaîne en marche sans que l'ouvrier soit exposé à se blesser.

Machine hydraulique, système Révollier.

N° 4. — *Du plan d'ensemble de l'usine.*

Ce système diffère essentiellement des autres, tant par la disposition des éléments dont il se compose que par le mode d'utilisation du travail mécanique développé par le moteur à vapeur. La compression des agglomérés y est obtenue au moyen de presses hydrauliques très-puissantes.

L'ensemble de cette usine n° 4 est constitué par un moteur à vapeur, trois pompes, dont deux à quatre corps, un accumulateur ou réservoir de pression, un doseur, un moulin à brai, un malaxeur et trois presses hydrauliques avec leur distributeur d'eau.

Moteur à vapeur.

Je ne dirai que quelques mots sur le moteur de cette usine; il développe une force bien supérieure à celle qu'exige la bonne marche de la

fabrication. Je ferai seulement remarquer qu'il est porté sur le projet d'installation fait par M. Révollier comme devant marcher à 40 tours par minute, tandis que, pour arriver à une production moyenne de 40 tonnes par poste de 10 heures, il a fallu porter la vitesse de régime à 60 révolutions.

Les principales dimensions sont : longueur du cylindre ou plutôt course du piston, 1 mètre; diamètre du piston, $0^m.560$; vitesse, 2 mètres; pression absolue de la vapeur dans le cylindre, 3 atm. 50. Ce moteur est à détente variable sans condensation; en marche normale la détente est au $1/2^e$.

Cette machine fonctionne évidemment dans de très-mauvaises conditions; sa vitesse énorme n'est nécessitée que par celle qu'il faut imprimer à l'arbre du malaxeur pour obtenir un débit de mélange suffisant pour arriver à produire 40 tonnes d'agglomérés. Remarquons en passant que lorsque ce chiffre de fabrication est dépassé, c'est que la vitesse du moteur est allée au delà de 60 tours. La poulie-volant montée sur l'arbre moteur a 6 mètres de diamètre et la vitesse à sa circonférence dépasse quelquefois 20 mètres par seconde.

Ainsi que je l'indiquerai plus loin, il suffirait de quelques modifications dans la transmission du mouvement pour ramener cette machine à sa vitesse de régime primitive.

Pompes.

Les deux pompes à 4 corps sont commandées par un arbre intermédiaire, faisant 180 tours par minute, le rapport de la poulie-volant à celle de transmission étant comme 1 : 3.

Cet arbre intermédiaire porte trois autres poulies de même diamètre; les deux premières transmettent le mouvement aux pompes à quatre corps, et la dernière fait mouvoir un second arbre intermédiaire destiné à transmettre le mouvement au malaxeur et au doseur.

Chaque pompe porte encore un arbre intermédiaire ayant une poulie à une extrémité, et à l'autre un pignon engrenant sur une couronne dentée en bois fixée sur l'arbre de commande de la pompe. A la grosse pompe les poulies ont le même diamètre, tandis que les engrenages sont entre eux comme 1 : 2; par suite la vitesse est de 90 révolutions par minute. A la petite pompe, les poulies sont entre elles comme

1 : 1,3, et les engrenages, comme 1 : 2; cette pompe fait 117 tours par minute. Tandis que la grosse pompe donne 360 coups de pistons, la petite en donne 468.

Ces deux pompes sont identiques de forme; elles ne diffèrent que par les dimensions des corps et des pistons : elles sont mues au moyen d'excentriques.

Les pistons plongeurs de la grosse pompe ont 0m.078 millimètres de diamètre, et 0m.100 de course; leur vitesse est de 0m.30 par seconde. Le débit théorique d'eau refoulée par minute est de 0mc.172,08. Ce chiffre doit être affecté d'un coefficient de dépense égal à 0,92; ce coefficient a été déterminé en prenant la moyenne d'essais réitérés faits dans des conditions assez satisfaisantes; c'est-à-dire, la pompe étant en très-bon état de fonctionnement. En marche normale il arrive presque toujours que quelque corps de pompe perde l'eau par suite de l'usure des garnitures; pour tenir compte jusqu'à un certain point de ces fuites plus ou moins grandes, j'ai réduit ce coefficient à 0,80. Ce chiffre admis, on voit aisément que la grosse pompe refoulerait utilement un volume d'eau de 137 litres environ par minute, si elle marchait constamment. Mais elle ne fonctionne que pendant le démoulage et le commencement de la compression, après quoi, l'eau est refoulée sous l'accumulateur qui, arrivé à fin de course, met un débrayage en mouvement et arrête sa marche jusqu'à l'opération suivante.

La petite pompe a des pistons plongeurs d'un diamètre de 0m.025 et 0m.100 de course; leur vitesse est de 0m.39 par seconde. Son débit théorique est de 0mc.022,97; le débit réel n'est que de 0mc,016,53, et le coefficient de dépense se trouve être de 0,72. Ces chiffres représentent la moyenne d'une série d'expériences faites à l'usine. On peut, sans trop s'écarter de la vérité, admettre un coefficient de dépense de 0,70 pour cette petite pompe. Ce faible rendement ne peut provenir que du mauvais fonctionnement des clapets et des fuites inévitables provoquées par l'usure des garnitures.

Cette petite pompe n'est pas pourvue d'un débrayage et fonctionne constamment. Elle a pour mission l'achèvement de la compression des agglomérés, après quoi, elle refoule l'eau sous l'accumulateur. Nous verrons plus tard quelle est la durée de son travail effectif. La grosse pompe fournit l'eau à la pression de 48 atmosphères environ et la petite peut pousser la compression jusqu'à 600 atmosphères.

Pour éviter la rupture des tuyaux en cas de fausse manœuvre

aux distributeurs d'eau, ces deux pompes sont munies chacune de deux soupapes de sureté : la grosse pompe a, en outre, un réservoir d'air.

La troisième pompe est chargée de l'alimentation de l'usine : tels que remplissage des bâches, lavage des moules, des porte-moules, du chemin de fer et enfin des presses hydrauliques. Elle est attelée sur un plateau clavoté sur l'extrémité de l'arbre du moteur, et est fixée dans un puits de 7m.50 de profondeur, de façon à n'avoir qu'une colonne d'aspiration de 5m.50 à 6 mètres.

L'eau aspirée à cette profondeur est refoulée dans une bâche placée à 6 mètres au-dessus du niveau du sol de l'usine; la hauteur totale de la colonne d'eau est de 13 mètres environ.

Le puits est presque entièrement creusé dans le rocher; l'eau y arrive peu ou presque pas; il ne sert que de bâche où l'on verse l'eau qu'on veut élever. Ce qu'il y a de plus singulier dans cette installation, c'est qu'il existe une prise d'eau dans le Clédou à un niveau suffisant pour l'amener à 5 mètres au-dessus du sol de l'usine et que, à cette hauteur, la charge serait plus que suffisante pour satisfaire aux besoins de l'usine et de la fabrication. C'est, du reste, l'eau prise à cette canalisation qu'on déverse dans le puits pour être aspirée et refoulée par la troisième pompe dans la bâche réservoir.

Ce seul fait prouve, presqu'à lui seul, que l'installation de cette usine a été étudiée sans tenir aucun compte de l'état des lieux et des facilités qu'ils offraient. Je ne critique et n'ai l'intention de critiquer que la construction et l'installation de la machine hydraulique et non l'administration des mines qui n'y peut rien.

Je terminerai la description de ces pompes en disant que pendant leur marche elles font un bruit si intense qu'il est impossible de faire entendre la voix dans l'usine.

Dans ces pompes le stuffing-box est remplacé par une garniture constituée par deux rondelles de cuir embouti superposées par leur base et ayant entre elles une bague de bronze de forme particulière destinée à empêcher la déformation des cuirs. Un fort écrou serre vigoureusement ce système de garniture contre la base ménagée dans le corps de pompe.

Cette garniture s'use assez rapidement, et il faut la changer assez souvent, surtout lorsque le cuir est de mauvaise qualité et qu'il manque d'homogénéité. Pour obvier à cet inconvénient j'ai essayé de remplacer

le cuir par des garnitures de même forme en caoutchouc moulé et vulcanisé. Les résultats ont été mauvais; cette matière est trop élastique et adhère trop contre le piston plongeur qu'elle happe fortement. Je crois que le cuirest encore la meilleure matière à employer.

Accumulateur.

L'accumulateur emmagasine le travail de la grosse pompe lorsque le démoulage et le commencement de la compression des agglomérés sont achevés. C'est un volant hydraulique qui reçoit un volume d'eau déterminé sous charge de 48 atmosphères. Son piston a $0^m.160$ de diamètre et $1^m.75$ de course; le volume engendré est de $0^{mc}.035185$; la charge est d'environ 10 000 kilogrammes, la section est de $0^{mq}.020106$, et la pression par centimètre carré de $49^k.736$, soit environ 48 atmosphères.

Cet appareil tient donc en réserve 35 litres d'eau destinés à effectuer le démoulage des briquettes et le commencement de la compression de celles placées sous la presse du milieu. Or, le piston de la presse à démouler engendre un volume de $0^{mc}.05676$, et celui de la presse à comprimer de $0^{mc}.0334$; soit en tout $0^{mc}.09016$ ou environ 90 litres. Il résulte clairement de la comparaison des deux volumes que cet accumulateur est insuffisant. Il est vrai qu'aussitôt qu'il fonctionne, la grosse pompe est embrayée et fournit le complément du volume d'eau nécessaire à l'opération; mais il n'en est pas moins vrai qu'il y a perte de temps.

La grosse pompe relève l'accumulateur en 23 révolutions ou 92 coups de pistons effectués en 15 secondes 1/2 environ.

A chaque opération la grosse pompe doit donner 90 litres d'eau se décomposant ainsi : 55 litres pour subvenir à l'insuffisance de l'accumulateur et 35 litres pour relever cet appareil. La pompe effectue ce travail en 40 secondes et 60 révolutions environ : comme la durée de chaque moulage est de 3 minutes, il s'en suit qu'elle ne fonctionne pas les 7/9e du temps. Il est donc possible d'en diminuer la vitesse dans une large mesure.

L'accumulateur a cela de bon que, dans toute circonstance, il fournit l'eau à une pression déterminée et constante; ce qui n'a pas lieu avec la petite pompe chez laquelle le coefficient de dépense varie dans d'assez

larges limites. Il est vrai qu'on peut se rendre compte de la pression atteinte par le manomètre à haute pression; mais en existe-t-il qui fonctionnent d'une manière satisfaisante? Il résulte de cet état de choses une irrégularité de pression dans la fabrication des agglomérés.

Dès mon arrivée à Graissessac je fis le projet d'un second accumulateur pour la petite pompe. Cet accumulateur offrait plusieurs avantages sérieux : il permettait de réduire la vitesse de cette pompe et d'accumuler son travail pendant le 4/5e du temps qu'elle fonctionne actuellement sans résultat; on pouvait obtenir par son intermédiaire, une compression uniforme qu'on aurait pu régler à volonté.

Ce grand réservoir de pression devait être chargé à 520 kilogrammes par centimètre carré de section; sa tige aurait eu $1^{m}.75$ de course et $0^{m}.100$ de diamètre. Il aurait pu emmagasiner un volume d'eau de $0^{mc}.013750$ et terminer seul, sans l'intermédiaire de la pompe, la compression des agglomérés.

La petite pompe aurait été pourvue d'un débrayage manœuvré par son accumulateur : celui-ci aurait été relevé en 100 révolutions effectuées en 75 secondes, en réduisant la vitesse de la petite pompe à 80 tours.

L'adoption de ce projet entraînait nécessairement certains remaniements dans les transmissions de mouvement, et la construction d'un nouveau modèle de distributeur d'eau. Ce projet n'a pas encore été mis en exécution.

Soupape de sûreté de la grosse pompe. — Accident arrivé à l'accumulateur.

Lors de l'installation de l'usine, la grosse pompe n'était pas pourvue d'un débrayage; elle fonctionnait constamment et, dès que la cuvette du distributeur d'eau était fermée, l'eau était refoulée sous l'accumulateur qui, arrivé à fin de course, buttait contre les arrêts fixés aux glissières qui lui servent de guidage dans son mouvement alternatif.

La pression croissait alors jusqu'à ce que la soupape de sûreté fonctionnât, et, dès qu'elle se soulevait, l'accumulateur tombait aussitôt avec force sur sa plaque de fondation. La chute de ce poids de 10 000 kilogrammes tombant de $1^{m}.75$ de hauteur finit par déterminer la rupture

de la plaque de fondation avant qu'on se fût rendu compte de la cause déterminante.

M. Gounot, alors directeur de l'exploitation, attribua le fait à la trop grande section de l'orifice de la soupape. On réduisit son diamètre de 40 à 20 millimètres et on installa en même temps le débrayage qui existe à la grosse pompe.

La chute de l'accumulateur ne s'est plus renouvelée grâce à ce débrayage. Quant à la soupape, elle ne pouvait plus fonctionner, sa charge par centimètre carré étant devenue quatre fois plus grande par suite de la réduction de diamètre. Après examen attentif, voici comment on peut expliquer le fait :

L'orifice de la soupape est au fond d'un cylindre de fonte creux ayant 0m.260 de diamètre intérieur; son bouchon est fixé au-dessous d'un second cylindre plein, entrant dans le premier aussi exactement que possible, mais sans frottement. La section du tuyau de décharge de l'eau sortant par la soupape n'a pas été probablement calculée en raison du débit de la grosse pompe; d'autre part, l'espace libre entre les deux fonds du cylindre est insignifiant.

Lorsque la soupape fonctionnait, l'eau remplissait bien vite ce vide et, ne trouvant pas une issue suffisante, elle venait exercer sa pression contre le fond du cylindre plein qui, alors, jouait lui même le rôle de soupape. La charge restait la même; mais la surface contre laquelle s'exerçait cette pression avait grandi considérablement, comme le carré des rayons des orifices; de 50 kilogrammes par centimètre carré la charge se réduisait immédiatement à 1k.183, et le cylindre faisant office de soupape était bien vite relevé jusqu'à l'orifice de celui qui le contenait. Dans ces conditions la chute de l'accumulateur était certaine, inévitable.

Si l'on n'avait pas mis un débrayage à la grosse pompe après la réduction de l'orifice de cette soupape, le remède aurait été pire que le mal. En effet, cette soupape ne peut fonctionner maintenant qu'à la pression de 200 atmosphères environ. L'accumulateur se serait brisé du premier coup en faisant de graves dégats. La charge de cette soupape va être réduite, si elle ne l'est pas déjà, à sa juste valeur, pour qu'elle se trouve dans les conditions voulues en cas de rupture du débrayage pendant la marche de la grosse pompe.

Doseur.

Le doseur de la machine Révollier est semblable à celui des petites machines David; seulement, il a de plus grandes dimensions et une disposition particulière qui permet de rectifier la position des raclettes sur leur plateau tournant de dessus les trémies.

Comme ce doseur est placé dans une fosse assez profonde, chaque plateau tournant est muni d'une noria pour relever le charbon et le brai à un niveau convenable (voir pl. 88, Fig. 7).

Le niveau de roulage des charbons lavés pour cette usine est à l'altitude 293.65; le sol de l'usine n° 4 est à celle 290.70; le fond de la fosse du doseur à celle 287.40 et enfin celle de la fosse du dernier releveur à celle 289.70. Le charbon est versé dans la trémie du doseur et parcourt une différence de niveau de 6^m.25 pour arriver au bas de la première noria qui le relève à une hauteur de 4^m.81 pour le reverser dans une seconde trémie dont le fond est à 0^m.40 au-dessous du sol de l'usine; soit une nouvelle chute de 1^m.91. Là, une vis sans fin le prend pour le faire tomber dans la dernière fosse du releveur de malaxeur. Pour 3^m.35 de différence de niveau entre le point de départ et celui d'arrivée on lui fait parcourir un trajet de 12^m.96.

Ce ne serait rien si le chemin était parcouru sans entraves; mais pour faire mouvoir ces divers mécanismes il faut des transmissions de mouvement, des courroies qui tombent des poulies, se déchirent ou se décousent, des chaînes à godets qui déraillent des tourtes ou se rompent, et enfin, une chaîne de Gall qui se brise quelquefois. Le charbon et le brai qui tombent de leur plateau respectif ne sont pas entièrement pris par les godets des norias et une grande partie se déverse au fond de la fosse, l'encombre et détermine des dérangements toujours nuisibles à la marche de l'usine. Ce doseur est en outre muni d'une vis sans fin pour amener le mélange dans la dernière fosse, et, lorsqu'elle s'obstrue, il faut arrêter de suite la fabrication et perdre une heure au moins pour la dégager et remettre en marche.

Il était bien plus simple, plus économique et d'une marche plus sûre de placer le doseur sur le bord de la fosse du dernier releveur; le charbon et le brai seraient versés directement dans cette fosse, et le mélange pris immédiatement par la chaîne à godets arriverait d'un seul jet dans le

malaxeur. Une estacade aurait permis de verser le charbon dans la trémie du doseur. Les 3 mètres de différence de niveau entre le roulage extérieur et le sol de l'usine permettent de réaliser cette disposition. J'ai laissé à Graissessac toutes les données nécessaires pour l'éxécution de cette modification.

Ainsi que je l'ai dit à propos des petites machines David, la vis sans fin est inutile pour obtenir un bon mélange; l'exemple de la machine Mazeline, où le charbon et le brai sont jetés à la pelle dans le releveur du malaxeur, en est une preuve incontestable. Cependant je ne veux pas dire pour cela qu'un doseur n'est pas indispensable; au contraire, les choses faites mécaniquement le sont avec une régularité presque mathématique, et un outil bien conçu paye bien vite son installation, tant par l'économie du personnel que par l'uniformité de son fonctionnement. Autant, simple, il rend des services, autant, inutilement compliqué, il crée des embarras et provoque des pertes. Ce que je critique avant tout dans cette circonstance, c'est la mauvaise disposition de l'appareil et le peu de parti qu'on a tiré de la situation de l'usine.

Moulin à brai.

Cet appareil consiste en une meule de fonte verticale tournant autour d'un axe vertical. La meule est immédiatement suivie d'un tympan tournant en sens inverse qui relève le brai sur son passage et le déverse sur un tamis en forme de cône tronqué, placé au centre de la cuvette; les parties fines du brai passent à travers les mailles et tombent audessous du moulin, tandis que les autres glissent sur la toile métallique et viennent se replacer sous la meule.

Ce moulin, pour une raison assez inexplicable, reçoit son mouvement de la dernière transmission placée sur l'arbre intermédiaire du haut de la noria du malaxeur; en sorte que, pour avoir du brai moulu, il faut mettre toute l'usine en marche.

Ce système de broyage est très-parfait et vaut beaucoup mieux que le broyeur Carr, en ce sens, que le brai moulu présente un grain assez uniforme et suffisamment fin pour que son mélange avec le charbon soit aussi intime que possible. Il donne également beaucoup moins de poussière de brai que le désintégrateur Carr, et l'ouvrier en est bien moins incommodé.

Le seul défaut qu'on puisse lui reprocher, c'est une marche un peu lente. Si la machine n° 4 avait été installée dans des conditions permettant de faire 80 tonnes par poste de 10 heures, il ne suffirait pas aux besoins de la fabrication.

Au point de vue de son installation, je ferai remarquer qu'il était possible de la placer de façon à ce que le brai moulu fût tombé dans la trémie du doseur placé comme je l'indiquais tout à l'heure.

Malaxeur.

Le malaxeur est placé sur un socle de fonte de 2m.30 de hauteur, fixé sur deux pierres de taille faisant saillie de 0m.25, ce qui donne une élévation totale de 2m.55. Il a 1 mètre de diamètre et 3 mètres de hauteur. Il est à double enveloppe, et la vapeur circule entre les deux cylindres concentriques avant d'arriver au milieu du mélange à chauffer.

Son releveur prend le mélange dans la fosse et le remonte à une hauteur de 8m.50 pour le jeter dans le malaxeur. Cette élévation a été donnée au malaxeur pour donner aux couloirs de sortie de la pâte le plus grande pente possible.

L'arbre central du malaxeur a 6m.25 de longueur et porte à son extrémité inférieure une couronne dentée sous laquelle vient engrener le pignon fixé sur l'arbre intermédiaire de cette transmission. Sa vitesse est de 18 tours à la minute. De ce que les lames du malaxeur sont placées deux à deux, il en résulte que, lorsqu'on ouvre la porte de sortie de la pâte pour le remplissage d'un moule, il y a par minute 36 émissions de mélange chauffé. Cette vitesse est très-insuffisante lorsque les lames du fond du malaxeur sont un peu usées ou relevées par les croûtes qui se forment contre les parois de l'appareil; alors le mélange ne tombe pas assez promptement, et le moule est longtemps à se remplir. Cette lenteur d'émission retarde sensiblement la fabrication dont le chiffre de 40 à 42 tonnes, descend à une moyenne de 35. Il est inutile de dire que le remède est très-facile et qu'il consiste dans la modification du rapport des diamètres de la couronne et de son pignon.

Presses hydrauliques.

Les trois presses hydrauliques sont placées en ligne droite et aussi près que possible du malaxeur pour donner aux couloirs qui déversent la pâte sur les moules la plus grande pente possible. Celle du milieu est la presse à comprimer les agglomérés, les deux autres servent à leur démoulage.

Le piston des presses à démouler a $0^m.350$ de diamètre et $0^m.590$ de course; le volume engendré est de $0^{mc}.05676$, soit 57 litres. Celui de la presse à comprimer a $0^m.430$ de diamètre et $0^m,290$ de course; le volume engendré est de $0^{mc}.04211$, soit 42 litres. Les deux opérations (moulage et démoulage) exigent un volume d'eau de 99 litres. Sur ce chiffre, la grosse pompe avec son accumulateur en fournit 90, et la petite pompe donne le reste.

D'après son débit, la petite pompe devrait achever la compression en 33 secondes, tandis qu'en général elle n'effectue ce travail qu'en 100 secondes. Cette augmentation de durée provient de fuites d'eau, soit par le cuir embouti du pot de presse, soit par l'incomplète fermeture des cuvettes des distributeurs; la petite pompe est obligée de combler ces pertes.

Voici le résultat moyen de plusieurs expériences faites à l'usine pour déterminer la durée d'une opération :

Descente du piston comprimeur.	30″
Changement de position des moules.	17″
Démoulage (grosse pompe et accumulateur). . .	17″
Moulage (grosse pompe et accumulateur).	10″
Compression (petite pompe).	1′ 40″
Total.	2′ 54″

L'installation de l'accumulateur de la petite pompe permettrait d'opérer le moulage en moins de 15 secondes et surtout d'obtenir une pression uniforme dans la fabrication.

La distance entre les presses hydrauliques est de $1^m.90$ et la vitesse de translation dans le mouvement rectiligne alternatif des moules est de $0^m.112$ par seconde. On pourrait sans inconvénient porter cette vi-

tesse à $0^m.25$ par seconde, et il suffirait alors de $7''.50$ pour changer les moules de place.

Ces modifications faites, la durée d'une opération se diviserait ainsi :

Descente du piston comprimeur.	30″
Changement de position des moules. . . .	7″,5
Démoulage et moulage (grosse pompe). .	27″
Compression (petite pompe).	15″
Total.	1′ 19″,5, soit 80 secondes

Ces chiffres ne sont pas exagérés et sont d'une éloquence capitale. On voit que la production journalière s'élèverait à une moyenne de 85 à 90 tonnes; la production actuelle serait doublée sans augmentation de frais de main-d'œuvre.

Moules.

Cette machine étant à mouvement rectiligne alternatif ne comporte que deux moules de forme cylindrique ayant $1^m.10$ de diamètre et $0^m.62$ de hauteur. Chaque moule renferme 21 compartiments de la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire renversé; la grande base qui est l'orifice supérieur du compartiment a $0^m.21$ de long, et $0^m.11$ de large; la petite base a $0^m.205$ sur $0^m.105$. Comme on le voit, les agglomérés ont presque la forme d'un parallélipipède rectangle à angles un peu arrondis.

L'épaisseur des cloisons est de $0^m.022$ millimètres dans le haut, et $0^m.027$ dans le bas. Malgré cette force elles ne résistent pas et ne tardent pas à se briser.

Par le seul fait du mode de remplissage des moules, il est impossible d'obtenir une uniformité de densité dans chaque compartiment plein; il résulte de ce manque d'homogénéité dans le tassement de la pâte une différence de pression entre un compartiment et son voisin.

Si chaque compartiment pouvait recevoir un volume égal et d'égale densité de mélange d'agglomérés, ce ne serait pas utile de mettre entre eux des cloisons d'une résistance considérable; il suffirait d'une simple séparation pour déterminer les divisions et une tôle de fer d'un demi-millimètre d'épaisseur, pour indiquer une dimension, ferait l'affaire; mais ce n'est pas le cas.

En présence de cette situation, et pensant que c'était le manque de force des cloisons qui occasionnait ces ruptures, on commanda deux moules en fonte aciérée à M. Révollier.

Je ne fus pas partisan de ce système de remédier au mal et j'exposai qu'il serait préférable de chercher la solution dans les cloisons malléables en tôle de fer ou d'acier doux. Je présentai un projet de moule dans ce sens, parce que j'étais convaincu que des cloisons en métal doux, pouvant céder à la pression latérale sans se briser et jouissant d'une certaine élasticité même, donneraient les meilleurs résultats. Et en supposant le cas où, par suite d'un trop grand écart de pression, un compartiment ou des compartiments viendraient à se déformer, on avait toutes les facilités désirables pour redresser la cloison et la mettre dans sa position primitive.

Au moment où les moules en fonte aciérée furent commandés, ceux qui fonctionnaient étaient dans un état déplorable; la fabrication était trop défectueuse pour la continuer. C'est dans ces circonstances que je fus autorisé à faire l'essai de mon système sur deux vieux moules mis à la vieille fonte; essai qui, quoique incomplet et imparfaitement appliqué, donna de très-bons résultats, et permit de continuer la fabrication jusqu'à l'arrivée des moules neufs que je reçus six mois après.

Voici comment je procédai pour le premier moule dont les cinq compartiments du milieu étaient dépourvus de cloisons dans la partie supérieure : sur 21 compartiments il y en avait 11 détériorés. Je fis percer de trous de 15 millimètres dans l'épaisseur les parties de cloisons restantes; leur profondeur variait entre deux et trois centimètres, et leur direction était autant que possible de bas en haut. Dans chacun de ces trous, suffisamment rapprochés, je fis placer des goujons ayant environ trois centimètres de saillie et quelquefois d'avantage, suivant les positions. Cela fait, je fis mettre des plaques de tôle distantes entre elles de l'épaisseur de la cloison à rétablir, et je fis couler dans l'espace vide un alliage de 1 partie d'étain, 3 de plomb et 3 de zinc. Un ouvrier mit deux journées et demie pour percer les trous et placer les goujons; le reste de l'opération fut l'affaire de quelques instants.

Les cloisons ainsi rétablies, on mit le moule sur son chariot et il fonctionna, en donnant une très-belle fabrication, depuis le 14 septembre jusqu'au 19 décembre, jour où un piston en montant accrocha l'alliage qui faisait un peu saillie et le sortit de sa position, après l'avoir raboté jusqu'à la moitié de la hauteur. Il est évident que si la cloison avait été

entièrement faite de ce métal, le piston n'aurait pas rencontré sur son passage un obstacle aussi subit, et le moule n'aurait pas été détérioré.

Un second moule, puis un troisième furent ainsi réparés, et j'allais faire l'essai complet, c'est-à-dire, abattre toutes les cloisons en fonte d'un vieux moule et les rétablir en métal malléable, lorsque les moules en fonte aciérée arrivèrent, et l'expérience fut ajournée.

Mais ce qui vient à l'appui de mon système c'est que, cinq jours après avoir placé un des moules neufs, une cloison du milieu se brisa, et aujourd'hui ces deux moules, quoique en fonte aciérée, sont dans le même déplorable état que les précédents. Je suis convaincu plus que jamais qu'un moule avec des cloisons en tôle d'acier doux de 5 millimètres d'épaisseur résoudrait entièrement le problème, et c'est dans le but d'être utile que j'ai consigné les résultats qui précèdent.

Porte-moules, ou chariots porteurs.

Les moules, dont il vient d'être question, sont supportés chacun par un chariot monté sur quatre roues, roulant sur un petit chemin de fer; le tout en fonte. Le chariot est un cylindre creux; sa partie supérieure porte intérieurement une feuillure sur laquelle vient reposer le moule. Au milieu de sa hauteur, et sur deux axes perpendiculaires passant chacun par un diamètre, il porte quatre grands évidements pour le rendre plus léger et permettre de voir en même temps le fonctionnement des pistons; il est terminé en haut et en bas par une partie renforcée par un gros boudin faisant office de nervure.

A l'intérieur de sa base il porte une forte saillie sur laquelle vient reposer un gros plateau de fonte portant 21 prisonniers, percés chacun d'un trou, pour fixer les 21 pistons correspondant au même nombre de compartiments du moule. La distance entre ce plateau et le moule est un peu inférieure à la hauteur des pistons afin que ceux-ci ne puissent pas quitter leur compartiment respectif.

La base de ces porte-moules passe sur les presses hydrauliques avec un jeu de deux à cinq millimètres seulement, et entre le moule et le sommier de compression il n'y a que dix à quinze millimètres de distance verticale.

Pour pouvoir sortir un moule de dessous la presse à comprimer il faut nécessairement attendre que le piston de cette presse soit descendu

dans son cylindre, et dans le cas où il ne descendra pas complétement, ne ferait-il qu'une saillie d'un centimètre, le chariot ne pourra pas passer et la fabrication sera interrompue. C'est ce qui arrive fort souvent par suite de l'introduction de matières étrangères ou de morceaux de charbon dans le pot de presse, ou encore par la rupture du cuir embouti dont les morceaux viennent se coincer entre le pot de presse et son piston.

Lorsque ces cas commencèrent à se produire, on faisait descendre le piston de force avec des vérins; mais peu à peu l'usure du piston comprimeur atteignit des limites relativement grandes, et il arriva enfin que les cuirs emboutis ne résistaient pas deux heures à la compression. Il arriva aussi que le piston se trouva tellement coincé, que les crics et les vérins, même de la force de 50 tonnes, ne produisaient aucun effet. Il fallut chercher un autre moyen pour sortir de cette situation, en attendant l'arrivée d'un piston neuf commandé depuis trois mois.

Le 14 janvier 1875, dès le commencement du poste, la garniture du piston comprimeur se déchira complétement : on arrêta la machine. Le piston était si solidement arrêté par le cuir embouti, que l'emploi de deux crics à engrenages, deux vérins à vis et deux autres hydrauliques fut sans effet. On eut recours aux vérins de 50 tonnes des machines mille des chemins de fer du midi : on en cassa un; mais enfin on arriva à dégager le moule. Cette opération dura depuis le 14 jusqu'au 17 janvier.

Le 21 du même mois, c'est-à-dire quatre jours après la remise en marche, le même fait se reproduisit avec des circonstances aggravantes. Je transcris le passage de mon journal relatif à ce nouvel arrêt :

« 21 Janvier 1875,

« La garniture du piston comprimeur s'est encore déchirée, et, cette fois, la rupture a été complète : les deux bouts du cuir embouti sortent au-dehors du pot de presse, et se trouvent tellement coincés que le piston ne peut ni monter ni descendre.

« En présence de ce fait grave, plusieurs propositions ont été faites : l'une, de M. le Directeur, consistant à démonter le chemin de fer sur lequel roulent les porte-moules, afin de permettre de baisser le chariot jusqu'à ce que sa partie supérieure se trouve au-dessous du niveau du

pot de presse; puis, d'actionner le porte-pistons et le moule avec des palans pour le forcer de sortir de dessous le sommier.

« Ce moyen ne peut être mis à exécution par suite du peu de jeu qui existe entre le rail et le chariot (0^{m}.015). Pour pouvoir démonter le chemin de fer il faut au moins avoir 0^{m}.06 de jeu pour passer au-dessus des boulons de fondation qui fixent les rails sur le massif. On s'est arrêté à la proposition que j'avais déjà faite antérieurement, et qui consiste à pratiquer une brèche à la partie inférieure du porte-moule du côté où il s'engage sur la presse de compression. Cette brèche doit avoir une largeur plus grande que le diamètre du piston comprimeur; puis, comme mesure de précaution, consolider le chariot par une entretoise placée à un niveau tel que le piston comprimeur puisse y passer dessous quelle que soit la position qu'il occupe; enfin, pour compléter la modification et ne pas être obligé à chaque rupture nouvelle de la garniture, d'enlever l'essieu et les roues de ce côté du chariot, remplacer les essieux rectilignes par des essieux coudés jusqu'à la hauteur de l'entretoise. »

Il restait encore la ressource d'enlever le sommier de compression; mais cette opération longue et très-difficile ne donnait aucune solution pour l'avenir.

En une seule nuit de travail la brèche fut faite et le moule fut sorti de dessous le sommier.

En remettant en marche le même fait se reproduisit à l'autre moule et on fit subir à son chariot la même opération. La brèche finie on remit la machine en marche sans autre retard que le temps nécessaire pour sortir le cuir embouti toutes les fois qu'il se déchirait, en remettre un neuf et replacer le piston comprimeur.

Le 13 février suivant, cinq de ces cuirs emboutis se déchirèrent et furent remplacés dans la même journée. Sans les brèches aux porte-moules ces cinq ruptures auraient occasionné quinze jours au moins d'arrêt.

Distributeurs d'eau.

Les distributeurs d'eau ne présentent rien de remarquable. Ils ne pourraient pas servir dans le cas où deux accumulateurs seraient installés, parce que, pour faire arriver l'eau de la grosse pompe dans le

pot de presse, il faut ouvrir la cuvette de communication avec la petite. Pour deux accumulateurs, il faudrait une disposition particulière permettant le fonctionnement indépendant de ces deux appareils. Le projet que j'ai fait résout la question.

Résumé sur la machine hydraulique.

En résumé, malgré tous les vices provenant de l'insuffisance des études faites sur cette installation, on pourrait arriver à faire produire à cette machine un chiffre de fabrication en rapport avec son importance, c'est-à-dire, doubler sa production actuelle, en faisant les modifications suivantes :

1° Installer un second accumulateur chargé à 520 kilogrammes par centimètre carré de section, pour utiliser le travail perdu de la petite pompe.

2° Diminuer la vitesse du moteur et des pompes et placer un débrayage à la petite pompe, manœuvré par son accumulateur.

3° Augmenter la vitesse de l'arbre du malaxeur pour que, dans le même temps donné, le nombre d'émissions de pâte d'agglomérés soit plus grand. Modifier la transmission du moulin à brai dans le même sens.

4° Supprimer la troisième pompe et le puits, et faire arriver directement du Clédon l'eau nécessaire aux besoins de l'usine.

5° Supprimer le doseur actuel et sa vis sans fin; placer un petit doseur sur le bord de la fosse du releveur du malaxeur et construire une estacade qui permette de verser le charbon directement dans la trémie du doseur.

6° Augmenter la vitesse de translation des moules en modifiant la transmission du mouvement rectiligne alternatif.

7° Refaire les distributeurs d'eau des presses hydrauliques de façon à obtenir le fonctionnement indépendant des accumulateurs.

Personnel de la machine Révollier.

Ce personnel se compose de : 1 chef de poste, 1 machiniste, 2 mouleurs et démouleurs, 2 distributeurs d'eau, 1 doseur, 1 meunier, 1 rouleur de chariot pour porter les agglomérés au quai de chargement et 2 arrimeuses. Au total 11 personnes.

Tous les ouvriers de cette usine sont des hommes valides à cause du poids des pièces qu'il faut manœuvrer à certains moments. L'ouvrier chargé du doseur fait en même temps le nettoyage de l'usine et le concassage des briquettes mises au déchet.

Comme les agglomérés de la machine hydraulique pèsent en moyenne 9k.500 grammes, les arrimeuses sont choisies parmi les femmes robustes et fortes.

Salaires.

Le salaire journalier des ouvriers des petites machines est de 2f.75 par poste de 10 heures de travail effectif. Les adolescents sont payés à raison de 2 francs à 2f.50, suivant le travail qu'ils effectuent.

A la machine hydraulique les hommes gagnent 3f.25 par jour. Les arrimeurs, enfants, femmes ou filles, sont payés indistinctement à raison de 1f.50 par jour.

Les chefs de poste ont tous 3f.50.

Primes.

Indépendamment du prix de la journée, il est alloué au personnel une prime de fabrication, pour une production supérieure à 45 tonnes aux petites machines et 40 tonnes à la machine Révollier. Cette prime n'est accordée que jusqu'au chiffre de 50 tonnes, pour les petites machines, afin que les chefs de poste ne se laissent pas entraîner dans une marche trop rapide qui pourrait occasionner des avaries au matériel. Néanmoins nous avons vu qu'on peut facilement atteindre 60 tonnes aux machines David et 65 tonnes à la machine Mazeline.

A la machine Révollier cette prime a été instituée pour pouvoir obtenir une moyenne de 40 tonnes d'agglomérés par jour. Elle est due au personnel dès que les 40 tonnes sont dépassées, ne serait-ce que d'une demi-tonne.

Voici comment cette prime est distribuée :

Petites machines.	Chefs de poste.	0f 10 par tonne, soit	0f 50	pour 50 tonnes et au-dessus.
	Ouvriers. . . .	0,07 —	0,35	
	Arrimeurs. . .	0,05 —	0,25	

Les arrimeurs du poste de nuit, touchent double prime.

Machine hydraulique.	Chefs de poste.	0f 50	pour une production supérieure à 40 tonnes.
	Ouvriers.	0,35	
	Arrimeurs.	0,25	

Les salaires sont donc ainsi élevés à 4 francs pour les chefs de poste, 3f.10 pour les ouvriers des petites machines, 3f.50 pour ceux de la machine hydraulique et 1f.75 ou 2 francs pour les arrimeurs.

Les chefs de poste ont en outre une autre prime pour l'économie du brai, qui varie entre 0f.10 et 1 franc par jour suivant la quantité de brai employé.

Pour faire arriver le prix de la journée des ouvriers valides à un chiffre un peu plus rémunérateur, il est encore alloué 3 francs par poste et par machine en marche pour arracher et charger dans les bassins d'approvisionnement le brai nécessaire à la fabrication. Ce travail est exécuté en dehors des heures du travail journalier par le chef de poste et cinq hommes de son poste. A la machine n° 4, les distributeurs en sont chargés et se partagent l'allocation. La durée de la journée, pour ces ouvriers, est de 13 heures de travail effectif, et le salaire journalier revient, pour le chef de poste, en lui comptant la prime de l'économie du brai à une moyenne de 0f.75 par jour :

Prix de la journée.	3f 50
Prime de fabrication.	0,50
Prime de l'économie du brai.	0,75
Arrachage du brai.	1,50
Total.	6,25
soit pour la journée de dix heures.	4,80

Les ouvriers qui font la charge du brai, ont :

Prix de la journée	2f 75
Prime de fabrication	0,35
Arrachage du brai	1,50
Total	4,60
soit pour la journée de dix heures	3,55

Les ouvriers de la machine n° 4, qui font la charge du brai, ont un prix de revient de 3f.92 environ pour la journée de 10 heures.

La journée du cheval avec son conducteur se paye 7f.50.

Chauffeurs.

Les maîtres-chauffeurs et leurs chauffeurs sont indistinctement payés à raison de 3f.25 par jour. Il est alloué aux maîtres-chauffeurs une prime sur l'économie du combustible. Voici comment elle fut instituée :

Primitivement les chaudières à vapeur étaient chauffées avec des noisettes et des menus criblés non lavés. Plus tard, la place venant à manquer pour l'entassage des boues provenant du lavage des charbons, on supprima une partie de ce combustible, et on tenta de faire brûler les boues des bassins de décantation des eaux des lavoirs.

Il fut assez difficile d'arriver à ce but, non par mauvaise volonté de la part du personnel des chauffeurs, mais par ignorance du moyen à employer pour obtenir un bon chauffage avec ce nouveau combustible : les boues trop liquides éteignaient le feu ; trop sèches, elles passaient à travers les barreaux de la grille.

Pour encourager les maîtres-chauffeurs, on alloua un certain nombre de bennes de menus criblés par poste de machine en marche, cinq, si ma mémoire ne me fait pas défaut, et on leur accorda une prime de 1 franc par benne économisée sur ce nombre, les laissant libres d'employer la quantité de boues qu'ils voudraient et comme ils l'entendraient, pourvu toutefois que la pression ne descendît pas au-dessous de 4 atmosphères. Dans le cas où le manomètre des chaudières aurait indiqué une pression moindre, le chef de poste devenait passible d'une amende de 5 francs et avait la prime d'économie confisquée.

Cette façon de procéder produisit un bon résultat ; on brûla toutes les

boues produites par les lavoirs, à l'exception de celles qui contenaient plus de 50 pour cent de cendres et qui étaient jetées à la ruine.

En très-peu de temps les maîtres-chauffeurs arrivèrent à n'employer que quelques bennes du combustible alloué, ce qui leur constituait une économie journalière de 9 à 10 francs, dont ils distribuaient une certaine partie à leurs chauffeurs. Lorsque l'emploi de ces boues fut devenu courant, on réduisit l'économie à 0f.75 par benne, et, en dernier lieu, à 0f.375.

Il me reste enfin à parler d'un prix fait journalier qui, quoique fondu dans la rubrique « Machinistes et chauffeurs » du prix de revient, constitue un chantier à part : c'est l'entreprise du transport ou plutôt du roulage du combustible nécessaire au chauffage des chaudières à vapeur, du nettoyage des cendriers de foyers et de l'enlèvement des cendres et mâchefers. Le prix de cette entreprise est fixé à 1f.50 par machine à briquettes en marche et par poste.

Il y a encore un autre renseignement qu'il peut être utile de savoir : le nettoyage des carneaux de fourneaux des chaudières à vapeur et l'enlèvement des cendres qui en résultent, sont faits par les chauffeurs à raison de 10 francs par chaudière. Les chaudières sont sans bouilleurs et ont 13 mètres de longueur.

Prix de revient.

Je n'entrerai pas dans des détails de comptabilité pour montrer l'exactitude des chiffres que je donne ci-après. Il me serait d'ailleurs impossible de le faire quand même j'en aurais le désir, attendu que, dans mon service, je n'avais pas à m'occuper de la comptabilité d'une façon toute spéciale. Quoique n'étant pas d'une exactitude mathématique, ces chiffres n'en sont pas moins déterminés avec toute l'approximation désirable pour servir de données dans une opération industrielle similaire : ils sont le résultat de notes mensuelles prises pendant une année consécutive sur toutes les dépenses faites dans l'usine, tant au point de vue de la main-d'œuvre qu'à celui des fournitures diverses et des réparations exécutées par l'atelier et divers. C'est donc un prix de revient moyen que je donne à titre de renseignement.

Petites machines.

La fabrication annuelle aux petites machines David et Mazeline a été de 82 146 tonnes d'agglomérés et le prix moyen d'une tonne se décompose ainsi qu'il suit :

Main-d'œuvre.	Surveillance	0,0417	1,4349
	Machinistes et chauffeurs	0,2233	
	Manutention du charbon à l'extérieur de l'usine	0,3333	
	Id. du brai	0,0458	
	Mélangeurs	0,3458	
	Arrimage et manœuvre des wagons	0,1558	
	Réparations exécutées par l'atelier et divers	0,2892	
Fournitures.	Huiles, graisses et filasse	0,0742	15,7716
	Combustible des chaudières	0,5900	
	Charbon lavé (prix de revient des lavoirs)	7,6808	
	Coke pulvérulent	0,1825	
	Brai	7,1275	
	Divers	0,1166	
Frais généraux			0,0608
	Total		17,2673

Le brai est compté à raison de 80 francs la tonne, rendu à l'usine, et le prix de revient ci-dessus montre que la proportion moyenne a été pendant l'année de 8,90 pour cent. C'est beaucoup; mais si l'on considère que, d'une part, il y a eu un boni de plus de 200 tonnes accusé par l'inventaire de fin d'année, ce qui réduit la proportion à 8,65 p. cent environ; d'autre part, que j'ai dû employer, une bonne partie de l'année, du brai tellement maigre que c'est à peine s'il se ramollissait dans l'eau bouillante, et qu'enfin, l'emploi du coke pulvérulent absorbe une plus grande partie de matière agglomérante que le charbon, on verra que le chiffre de 8 pour cent est la quantité normale de brai qu'on doive employer avec ces machines. Avec du brai gras on peut réduire cette proportion à moins de 7 pour cent.

Autant que je puisse me le rappeler, le coke pulvérulent est compté à raison de 7 francs la tonne. En admettant ce chiffre comme base, on aurait employé pendant l'année 2 142 tonnes de cette matière, soit 2,60 pour cent.

Machine hydraulique.

La fabrication annuelle de cette machine a été de 12 185 tonnes et le prix de revient de la tonne se décompose ainsi qu'il suit :

Main-d'œuvre.	Surveillance	0,1258	2,1649
	Machinistes et chauffeurs	0,3542	
	Manutention du charbon à l'extérieur de l'usine	0,3092	
	Id. du brai	0,0625	
	Mélangeurs, mouleurs et distributeurs	0,5990	
	Arrimage et manœuvre des wagons	0,2192	
	Réparations exécutées par l'atelier et divers	0,4950	
Fournitures.	Huiles, graisses et filasse	0,1575	14,7536
	Combustible des chaudières	1,4263	
	Charbon lavé (prix de revient des lavoirs)	7,6808	
	Coke pulvérulent	0,2300	
	Brai	4,9840	
	Divers	0,2750	
Frais généraux			0,0700
	Total		16,9885

Ces chiffres montrent que la moyenne du brai employé pendant l'année a été de 6,23 pour cent, proportion qui peut être facilement réduite à 5 ou 5,5 pour cent, en employant du brai de bonne qualité.

La moyenne du coke pulvérulent employé à cette machine se trouve être de 3,30 environ pour cent, et si l'on considère le chiffre de fabrication totale, on trouve que cette matière a été employée dans la proportion de 2,70 pour cent.

Débouchés.

La majeure partie de la production des agglomérés des petites machines est prise par les chemins de fer du Midi. On peut évaluer à 4 000 tonnes par an, les briquettes de ces deux petits formats prises par des particuliers dans un rayon assez restreint.

A part deux ou trois wagons par semaine livrés à la Compagnie des chemins de fer du Midi, toute la production de la machine hydraulique est livrée à diverses industries ou petites Compagnies. La production

totale de l'usine d'agglomérés de Graissessac peut se diviser ainsi qu'il suit au point de vue des consommateurs :

Chemins de fer du Midi.	Petits formats.......	78,146t	79,146t	94,331 tonnes.
	Machine n° 4.........	1,000		
Divers........	Petits formats.......	4,000	15,185	
	Machine n° 4.........	11,185		

Recettes.

En supposant que le chemin de fer du Midi paye les agglomérés 19 fr. la tonne, et le commerce 30 fr., les recettes se décomposent ainsi qu'il suit :

Compagnie du Midi :		
79.146 tonnes à 19 francs..........	1.503.774f »	
Divers. 15.185 tonnes à 30 francs..........	455.550 »	
Total............	1.959.324 »	1.959.324f »

DÉPENSES.

Les dépenses se décomposent ainsi qu'il suit :

Petites machines.......	82.146t à 17f 2673	1.418.439 63	
Machine hydraulique....	12.185 à 16 9885	207.004 87	
	Total............	1.625.444 50	1.625.444 50
Excédant de recettes..................			333.879 50
Total égal...............			1.959.324 00

Essais de cohésion.

La Compagnie des mines de Graissessac doit fournir à celle des chemins de fer du Midi des agglomérés possédant une cohésion minima de 45 pour cent. Au-dessous de cette proportion, la fabrication de la journée ayant donné de mauvais résultats, peut être refusée par la Compagnie des chemins de fer.

Pour déterminer ce degré de cohésion on se sert d'un appareil consistant en un cylindre de tôle de fer à axe extérieur horizontal porté par deux supports. Cet appareil, fermé à ses deux bases, porte intérieure-

ment trois lames équidistantes de 0m.20 de largeur, et ayant pour longueur celle du cylindre; les dimensions de celui-ci sont : longueur, 1 mètre; diamètre, 0m.90. Une porte, fermant au moyen d'un panneau à coulisse, permet d'introduire la matière à essayer.

La prise d'essai se fait contradictoirement par l'agent du Midi et le chef de poste de l'usine d'agglomérés. Chaque demi-heure, une briquette est sortie de chaque chaîne en marche et sans choisir. Ces briquettes sont placées dans un courant d'air pour activer leur séchage, et c'est six heures après la prise d'essai qu'on doit procéder à la constatation de la cohésion.

L'essai doit se faire sur 50 kilogrammes d'agglomérés, et les morceaux introduits dans le cylindre doivent peser chacun 500 grammes environ.

Les briquettes de la machine David pesant en moyenne 1k.500 sont divisées en trois parties à peu près égales; celles de la machine Mazeline, qui pèsent environ 4k.500, sont partagées en neuf parties.

Cela étant fait, on introduit dans le cylindre 50 kilogrammes net de morceaux d'agglomérés; on ferme la porte de l'appareil aussi bien que possible, et on lui fait exécuter 50 révolutions en 2 minutes de temps; après quoi, on sort l'essai et on met à part tous les morceaux de briquettes qui ne passent pas à travers une grille dont les barreaux sont espacés de 0m.040 millimètres.

Pour que l'essai soit bon et la fabrication recevable par le Midi, il faut que la quantité de morceaux tenant sur la grille dont il vient d'être parlé, pèse au moins 22k.500. L'agent du Midi est libre de renouveler cet essai aussi souvent qu'il le désire, et la Compagnie des mines doit lui fournir le personnel nécessaire à cet effet.

Ce chiffre de 45 pour cent de cohésion est facilement dépassé lorsque les machines sont en bon état; mais lorsqu'elles touchent au terme de leur durée, c'est-à-dire, lorsque leur mise en réparation est imminente et nécessaire, que d'autre part, le charbon est boueux et le brai un peu maigre, il est difficile de l'atteindre.

Nouvellement réparée, la machine David donne des agglomérés possédant jusqu'à 60 pour cent de cohésion; celle de Mazeline donne des briquettes à 65 et 70 pour cent de cohésion; un essai, entre autres, a donné 72 pour cent.

Il ne faudrait cependant pas croire que, au-dessous de 45 pour cent, les agglomérés ne sont pas bons à brûler. J'ai fait plusieurs essais à cet

égard, et j'ai trouvé qu'à 25 ou 30 pour cent de cohésion ils se comportaient parfaitement sur la grille, et que sous le choc du marteau, lorsqu'on les cassait, ils ne faisaient pas trop de menu.

Lorsque les agglomérés du système David donnent 60 pour cent de cohésion, leur épaisseur varie entre 70 et 75 millimètres ; quand cette épaisseur atteint 80 millimètres, la fabrication donne à l'essai entre 45 et 50 pour cent, toutes choses égales d'ailleurs, c'est-à-dire la proportion du brai restant la même.

Les agglomérés de la machine hydraulique n'ont pas été essayés parce qu'ils sont pris rarement par le Midi, et que leur poids moyen étant de 9^k.500, il est fort difficile de les diviser en 19 parties à peu près égales. D'ailleurs, la pression à laquelle ils sont soumis au moment de leur fabrication (155 kilogrammes par centimètre carré de section), est une garantie suffisante, et qui permet de leur attribuer un degré de cohésion supérieur à celui des agglomérés des autres machines. Si l'on suppose que la cohésion des agglomérés soit proportionnelle à la pression qu'ils ont supportée au moment de leur fabrication, et en admettant une moyenne de 55 pour cent de cohésion pour les briquettes Mazeline soumises à une pression de 115 kilogrammes par centimètre carré de section, on voit que la cohésion des briquettes de la machine hydraulique serait de 75 p. cent en moyenne.

Densité des agglomérés.

De ce qui précède il résulte que la densité des agglomérés est très-variable. Elle partage, si je peux m'exprimer ainsi, les écarts de la cohésion. Je ne dirai pas qu'elle lui soit proportionnelle ; mais il y a incontestablement un certain rapport entre elles. Elles croissent et diminuent ensemble, cela est évident.

Je me contenterai donc de donner un chiffre moyen pour chaque format fabriqué à Graissessac.

Densité moyenne des briquettes		David.......	1,15
—	—	Mazeline......	1,27
—	—	Révollier......	1,38

Eau d'interposition.

La vapeur en contact avec les matières versées dans le malaxeur se condense, et l'eau qui en résulte est retenue en grande partie par la pâte. Plus la proportion du brai est grande et plus le mélange renferme d'eau de condensation. C'est ce qui explique pourquoi, plus la pâte est grasse, plus elle diminue de volume par la compression. En effet, cette eau est chassée en grande partie au moment où l'aggloméré est soumis à la compression; cependant il en reste toujours une certaine partie. De plus, aux machines David, les briquettes sont mouillées en sortant du moule par le jet d'eau destiné à refroidir la roue femelle et empêcher le cachetage ; elles en absorbent encore un certaine quantité. Aussi, la Compagnie du Midi a-t-elle mis une clause dans son traité qui lui assure une réduction de 2,50 pour cent sur le poids accusé par les bascules de la gare.

Considérations diverses.

La qualité du charbon et son état de propreté influent considérablement sur le résultat final de la fabrication des agglomérés au point de vue de l'économie de la matière agglomérante. Ayant eu à remplir une commande de briquettes de la machine hydraulique, devant se composer uniquement de brai et de charbon de forge lavé à une teneur en cendres de 9 pour cent, je fis effectuer le lavage de ces menus à part et je les obtins ainsi sans boues, à part une légère partie de moures entraînées par le charbon au sortir du lavoir.

Pour obtenir une fabrication convenable, c'est-à-dire, ni trop maigre ni trop grasse, je fus obligé, dans ce cas particulier, de baisser la proportion du brai jusqu'à n'être plus que de 4,95 pour cent.

En présence de ce fait, je me suis demandé s'il y avait réellement avantage à faire entrer les boues de charbon dans la fabrication des agglomérés, étant admis que leur emploi provoque une augmentation dans la proportion du brai employé.

Le résultat de cet examen a été que, en supposant une proportion normale de brai de 5 pour cent, et un prix moyen de vente de 30 francs la tonne, une Compagnie avait avantage à employer les boues jusqu'à concurrence de 10 pour cent, dût la teneur en brai s'élever à 6,50 p. cent.

En effet, dans le premier cas, le prix de la tonne d'agglomérés se diviserait ainsi :

5 pour cent de brai à 80 fr. la tonne..	4f 00
95 pour cent de charbon à 27f,368 la tonne. .	26,00
Total.	30,00

Dans le second cas, on aurait :

6,5 pour cent de brai à 80 fr. la tonne.. . . .	5f 20
10 pour cent de boues à 19f,50 la tonne. . . .	1,95
83,5 pour cent de charbon à 27f,368 la tonne.	22,85
Total égal.	30,00

Comme on le voit, l'écart du brai employé entre le premier et le second cas constitue une dépense supplémentaire de 1f.20; mais elle est balancée avec un bénéfice de 0f.75 par la vente des boues à 19f.50 la tonne, et cet avantage s'ajoute à celui de se débarrasser d'une matière encombrante et d'une valeur infime.

Effets produits par le brai sur les ouvriers.

La poussière du brai, et même la vapeur qui en est imprégnée en sortant du malaxeur, produit un effet assez désastreux sur les yeux et la peau du visage des ouvriers qui manipulent cette matière. Cette poussière pénètre dans les pores de la peau et y détermine des ulcérations qui, si elles sont sans gravité, n'en font pas moins souffrir celui qui en en est affecté.

L'été surtout est la saison des souffrances pour ces ouvriers ; ils ne peuvent aller au soleil sans éprouver des douleurs atroces, car la chaleur des rayons solaires provoque sur l'épiderme, et surtout sur les yeux, une cuisson insupportable.

Je termine cette communication en exprimant le désir de voir les médecins attachés aux Compagnies où cette matière agglomérante est employée, étudier les effets désastreux qu'elle produit sur les ouvriers, et, trouver un remède quelconque qui les mette à l'abri de son action désorganisatrice.



SUR LA
FABRICATION DE L'ACIER
ANALYSE
des Mémoires lus et discutés en 1875,
A LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE LONDRES,

TRADUITS PAR **S. PÉRISSÉ.**

L'année dernière, la Société des Ingénieurs civils de Londres s'est occupée, pendant trois séances consécutives, de la fabrication de l'acier; j'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à vous en présenter un compte rendu, c'est-à-dire, de résumer devant vous les deux importantes communications de M. W. Hackney et de M. J.-T. Smith, ainsi que les discussions auxquelles ces communications ont donné lieu. J'ai dû, dans ce compte rendu, faire des suppressions quelquefois très-importantes; mais les membres de la Société que le sujet intéresserait dans ses détails pourront recourir aux publications de *The Institution of civil Engineers*.

M. Hackney a d'abord traité la question si controversée de la *définition du mot acier;* il a rappelé que, d'après Percy et autres savants, l'acier est du fer carburé possédant la malléabilité et la propriété de durcir par la trempe. C'est là, la définition ordinaire connue de tout temps; mais, depuis une quinzaine d'années, les praticiens appellent aussi *acier* des produits dont les propriétés sont bien différentes. Ainsi la définition ordinaire n'est nullement applicable lorsqu'on parle d'une tôle d'acier destinée à une chaudière, puisqu'elle n'est pas durcie par la trempe et que, après avoir subi cette opération, elle peut être pliée à froid, sans présenter la moindre crique. Alors, en quoi diffère-t-elle du fer forgé? Sa composition chimique est sensiblement la même, mais tandis que la tôle de fer, fabriquée avec un paquet chauffé au blanc soudant et puis laminé, est composée, pour ainsi dire, d'une série de grains ou cristaux plus ou moins séparés entre eux par des matières étrangères, la tôle d'acier provient d'un lingot malléable, qui a été obtenu par fusion parfaite, de façon à être bien homogène et exempt de défauts et d'impuretés emprisonnées.

Pour un tel métal, le nom de fer homogène ou de fer fondu a été proposé, et ce nom serait rationnel. Dans une note sur la fabrication des rails, lue à l'Institut du fer et de l'acier, M. Ed. Williams a proposé de les appeler

Ingot'rails (rails de Lingots), pour les distinguer des *Piled-rails* (rails de Paquets); mais ces différents termes ne sont pas entrés dans l'usage, et le métal nouveau est appelé acier. C'est là une question de mots et de peu d'importance, pourvu que les termes employés définissent le mode de fabrication et les propriétés essentielles.

Pour M. Hackney, comme pour MM. Jordan et Holley, l'acier est toute variété de fer ou d'alliage de fer qui, étant à l'état liquide, est coulé en un lingot malléable, et il appelle fer les produits obtenus en dehors du procédé par fusion. On arrive ainsi à deux séries parallèles et continues, les fers et les aciers, dans lesquelles on retrouve souvent la même composition chimique, la même teneur en carbone; mais la différence consiste dans le mode de production et dans la structure mécanique, en commençant dans chaque série depuis le métal le plus pur et le plus doux, jusqu'aux variétés les plus dures et les plus carburées. Ainsi, dans un double tableau donnant la proportion de carbone de quelques variétés de fers et d'aciers, on retrouve dans la première série, avec les fers des principales provenances et qui contiennent quelquefois jusqu'à 3 millièmes de carbone, les fers dits aciéreux avec 3 à 4 millièmes, le fer catalan contenant jusqu'à 4,2 millièmes et puis les aciers puddlés ou cémentés doux et durs dans lesquels on trouve depuis 5 jusqu'à 14 millièmes de carbone. — Si nous jetons un coup d'œil sur la série des aciers, nous remarquons des aciers extra-doux (1/2 à 2 millièmes de carbone), des aciers doux (2 à 3 1/2 millièmes), des aciers demi-doux (3 1/2 à 5 1/2 millièmes) et puis des aciers durs, très-variés.

Le docteur Percy a répondu qu'il n'était pas d'accord avec M. Hackney sur la définition de l'acier; que ce mot devrait être appliqué seulement lorsque le métal possède certaines propriétés physiques, dont la principale est de durcir par la trempe : sinon, on arrive à une confusion inévitable. M. Riley n'est pas de l'avis de M. Percy, parce qu'il a remarqué une différence dans les propriétés physiques pour un métal de même composition chimique, lorsque ce métal est obtenu par voie de fusion ou par le forgeage. Ainsi une pratique de sept à huit ans lui a indiqué que le platine forgé devient poreux et se boursouffle sous l'influence d'une haute température, tandis que le platine fondu ne se boursouffle pas. Il admet qu'une différence essentielle existe aussi entre le fer forgé et le fer fondu, et il convient de tenir compte du mode de fabrication, du traitement mécanique auquel le métal a été soumis. Le docteur Siemens ne peut pas admettre, avec M. Hackney et autres métallurgistes, qu'il convienne d'appeler acier tout fer malléable qui a passé par l'état liquide, parce que cette définition exclurait les aciers naturels, cémentés ou puddlés. Il ne peut pas non plus se rallier à l'opinion de M. Percy, parce que la définition qu'il donne ne permettrait pas, dans bien des cas, de savoir si une substance considérée est du fer ou de l'acier; où serait la limite de l'un ou de l'autre, aussi bien au point de vue de sa teneur en carbone, qu'au point de vue de la propriété de durcir par la trempe. Aussi M. Siemens définirait plutôt l'acier, en disant

qu'il est un composé de fer et d'une autre substance qui augmente sa résistance. Cette définition aurait l'avantage d'embrasser toutes les espèces d'acier, depuis le plus dur jusqu'au plus doux et comprendrait tous les composés dans lesquels le manganèse, le tungstène, le chrome, le phosphore, etc., remplaceraient le carbone de l'acier ordinaire. L'Ingénieur aurait à spécifier dans ses ordres, la qualité dont il aurait besoin, en indiquant même la constitution chimique et le degré de trempe. Aussi, M. Siemens trouve-t-il plus convenable la définition de M. J. Whitworth qui consiste à caractériser l'acier par deux principales qualités, une plus grande malléabilité ou ductilité et une plus grande résistance que le fer. Ainsi, au delà d'une résistance à la traction de 44 à 47 kilogrammes par millimètre carré (28 à 30 tonnes anglaises par pouce carré), on aurait de l'acier, et sa valeur serait fonction de ce coefficient de résistance augmenté du coefficient de ductilité.

M. Whitworth exprime l'opinion que la valeur d'un métal, fer ou acier, est représentée par la somme des deux coefficients, la résistance à la traction d'une part, et puis l'allongement exprimé en centièmes de la longueur primitive. Le pouvoir d'allongement est de la plus haute importance dans bien des cas, lorsqu'il s'agit par exemple de canons, de chaudières et autres pièces qui doivent résister à des efforts brusques. Ainsi pour des canons, le métal doit avoir une ductilité de 30 à 35 pour 100, pour ne pas être exposé à des éclatements, mais seulement à de simples fractures qui sont sans danger. M. Whitworth annonce qu'il produit maintenant avec certitude, par son procédé de compression de l'acier à l'état liquide, un métal qui ne rompt qu'à 63 kilogrammes (40^t. par pouce^2) avec un allongement de 30 pour 100, la longueur primitive du barreau d'essai étant de 51 millimètres avec une section carrée de 12 $\frac{1}{2}$ millimètres de côté[1]. Pour cet acier à canon, la valeur relative serait d'après sa formule de

$$40 \text{ tonnes} + 30 = 70.$$

Pour terminer le résumé de la discussion sur la définition de l'acier, ajoutons que le docteur Pole observe que cette définition existe depuis longtemps, que des autorités comme le chimiste Miller, le métallurgiste Percy, comme M. Brande et le professeur Rankine, sont tous d'accord, et il ne croit pas opportun de changer une définition universellement acceptée par les savants. Pourquoi vouloir substituer une définition qui serait basée sur le mode de fabrication du métal, sans indiquer ses propriétés? Quant à la définition donnée par M. Whitworth, elle a été proposée depuis longtemps par Poncelet et Mallet. Il cite les chiffres donnés par le meilleur fer du Yorkshire, dont la ténacité varie de 40 à 47 kilogrammes avec un allongement moyen de 24 pour 100. Le métal Bessemer de Barrow, d'après

1. Il convient de remarquer que les allongements proportionnels, cités en Angleterre, ne sont pas comparables, sans correction, aux allongements trouvés en France ; il faudrait pour cela, faire les expériences en prenant des barreaux de même section et surtout de même longueur.



les expériences de M. Smith sur vingt rails doux, a donné une résistance moyenne à la rupture de 51 kilogrammes avec un allongement moyen de 35 pour 100.

Dans sa réplique, M. Hackney fait remarquer que l'essentiel est de se comprendre et que le terme employé importe peu, pourvu que le sens y attaché soit compris de tous. Or les praticiens sont tous d'accord aujourd'hui. Il fait ensuite la critique de la définition proposée par MM. Siemens et Whitworth, parce que le traitement mécanique, l'étirage à froid par exemple, a pour effet d'augmenter de 50 pour cent et même de 100 pour cent, la résistance du fer doux, et qu'alors, il résulterait de la susdite définition, que du fer serait converti en acier par le seul fait d'un traitement mécanique spécial.

Reprenons maintenant la communication de M. Hackney. L'acier est, dit-il, obtenu en produisant d'une façon quelconque, un alliage fondu de fer contenant une petite proportion de carbone ou d'un autre élément. Il peut être produit :

1° Par la fusion directe du fer puddlé, ou d'une autre variété de fer malléable du degré de dureté voulue;

2° Par la fusion d'un mélange de fer forgé doux, ou d'éponge de fer, avec du carbone ou de la fonte; ou, par la fusion, en présence d'agents oxydants, d'un métal malléable trop carburé pour la qualité d'acier à produire;

3° Par la dissolution du fer forgé, ou d'éponge de fer, ou de riblons d'acier dans un bain de fonte;

4° Par la décarburation plus ou moins grande de la fonte, tout en obtenant un produit fondu.

Trois procédés sont aujourd'hui employés industriellement pour la fabrication de l'acier.

a — La fusion des matières dans des creusets produisant ce qu'on appelle l'*acier en creusets*

b — Le procédé Bessemer consistant à souffler de l'air à travers un bain de fonte et donnant l'*acier Bessemer*.

c — La fusion des matières sur la sole d'un four à réverbère produisant l'*acier sur sole*, généralement appelé *acier Martin-Siemens*.

Quelle que soit la façon de procéder, le produit est le même, et les propriétés dépendent seulement de la composition chimique et de la structure physique.

Acier en creusets.

La fusion en creusets est la plus simple et la plus ancienne des méthodes de fabrication de l'acier; elle a été pratiquée par les Indiens depuis les temps les plus reculés.

Le procédé indien consiste à charger dans un creuset en terre crue, 0k.500 à 1 kilogramme de fer avec 1/10e de son poids de bois séché. Une vingtaine de creusets sont empilés et entourés de charbon de bois, dont la combustion est activée par une petite soufflerie. Au bout de trois ou quatre heures, la fusion est complète malgré l'imperfection du chauffage, parce que le métal est très-riche en carbone. L'acier produit, appelé Wootz, est retiré du creuset sous forme d'un gâteau solide, moulé sur le fond des pots; les gâteaux sont rechauffés pendant plusieurs heures à une température très-voisine du point de fusion, puis refroidis lentement et retirés au rouge sombre pour être portés au marteau. L'analyse d'une barre de Wootz a accusé 16 millièmes de carbone, dont 3 à l'état de carbone non combiné. Le métal est fabriqué plus carburé encore afin d'augmenter sa fusibilité et d'assurer ainsi le succès de l'opération; puis par le réchauffage ou recuit, on élimine une partie du carbone contenu.

Au point de vue historique, on peut dire que, avant le siècle dernier, on ne connaissait en Europe, aucun procédé de fabrication permettant de produire sûrement l'acier fondu. Réaumur, en 1722, a publié qu'il fabriquait de l'acier, en fondant ensemble 1/4 à 1/3 de fer avec de la fonte. De 1750 à 1770, Hunstman, horloger de Doncaster, a fabriqué d'excellents aciers pour ressorts de montre, en opérant la simple fusion d'aciers cémentés. Ce procédé est encore en usage à Sheffield et chez Krupp. Les perfectionnements faits depuis Hunstman, consistent d'abord dans l'addition de manganèse, et puis dans l'emploi de fours à plusieurs creusets, avec chauffage de plus en plus perfectionné, qui a permis d'obtenir des températures plus élevées, et par suite des produits plus doux. En 1791, Lucas faisait breveter un procédé pour faire l'acier, en fondant ensemble du minerai et du carbone. En 1800, David Mushet produisait des aciers de différents degrés de dureté, en faisant varier la proportion de carbone : c'était le procédé indien perfectionné, et encore aujourd'hui on fond des fers malléables avec une quantité de charbon de bois variable selon la qualité de l'acier à produire. Puis est venu, il y a 15 ou 20 ans, le procédé Chénot, basé sur la production d'éponge de fer réduit et sur sa fusion en présence du charbon de bois ou autre substance carburante. Chénot n'est pas parvenu à réduire convenablement le minerai, et puis la fusion des éponges dans des creusets était fort coûteuse, en raison sans doute de leur trop grand volume, qui ne permettait pas de charger suffisamment les creusets pour obtenir une fabrication industrielle économique. Quelques années après, 1860 à 1862, Uchatius produisait en Suède de bons aciers, en fondant en creusets de la fonte granulée avec de l'oxyde de fer.

Tous les procédés en usage aujourd'hui, pour la production de l'acier en creusets, dérivent tous de ceux qui viennent d'être indiqués, et principalement du procédé Réaumur, en ayant soin d'introduire du manganèse dans le bain, par exemple par l'emploi de fonte spiegeleisen. D'autres fois, on charge des fers aciéreux ou des riblons d'acier dur, avec une petite pro-

portion d'oxyde de fer ou de manganèse, de façon à décarburer partiellement le métal pour obtenir des aciers plus doux.

Deux systèmes de fours sont aujourd'hui en usage général, pour la fabrication de l'acier en creusets : le petit four à coke à deux ou quatre creusets et le four à gaz, Siemens. Le premier consiste en une chambre rectangulaire, dont le fond formant grille est en communication avec une galerie souterraine, et dont la partie supérieure communique latéralement avec un conduit collecteur de gaz brûlés.

Les pots sont le plus souvent en terre réfractaire crue, avec ciment de terre cuite, provenant des vieux creusets. La charge est de 18 à 30 kilogr. par creuset; il y a tendance aujourd'hui à faire la première charge plus forte et à diminuer pour chacune des autres, de telle façon que la scorie, toujours très-corrosive, ne puisse venir deux fois au même niveau : on espère ainsi augmenter le nombre de fusions par creuset. La consommation de coke par tonne d'acier est de 2700 à 3500 kilogr., équivalent à 4 à 5 tonnes de houille.

L'application du four à gaz, avec régénérateur de chaleur, a conduit à une marche beaucoup plus économique, au double point de vue de la consommation en creusets et en combustible. Chaque creuset donne cinq à six fusions en moyenne, au lieu de deux à trois avec le four ordinaire à coke, et on est arrivé à ne dépenser que 1200 à 1500 kilogr. de houille par tonne d'acier. C'est là un résultat économique des plus remarquables.

L'acier en creusets est employé de préférence toutes les fois que la qualité a plus d'importance que le prix. L'habitude est peut-être pour beaucoup dans cette préference : cependant il faut considérer comme premier avantage, principalement sur l'acier Bessemer, que les matières employées dans les creusets sont plus pures, puisqu'elles ont, pour la majeure partie, déjà subi une ou plusieurs opérations de transformation, puddlage, corroyage, etc., lesquelles ont éliminé une partie des impuretés. Un autre avantage que l'on attribue souvent à l'acier en creusets, c'est qu'il est plus exempt de soufflures que par tout autre procédé de fabrication. On peut remarquer en effet que, après la fusion, le métal est comme en ébullition dans le creuset et il se couvre d'une scorie pleine de bulles. Après un certain temps le bouillonnement cesse, et la scorie devient claire et vitreuse : l'acier, alors coulé, donne un lingot exempt ou presque exempt de soufflures, dont la partie supérieure retasse au lieu de remonter. Cette propension de l'acier à donner des soufflures est une des plus grandes difficultés contre lesquelles le fabricant a à lutter, parce que les conditions qui les produisent ou qui les empêchent ne sont encore que très-imparfaitement connues.

Dans le cours de la discussion, M. Whitworth a fait remarquer que l'opinion généralement répandue de la supériorité de l'acier en creusets, n'était pas fondée : d'après lui, la qualité dépend avant tout des matières employées pour sa production, et il a connu des aciers Bessemer bien meilleurs comme résistance et ductilité que des aciers en creuset réputés excellents.

Procédé Bessemer.

Par ce procédé, une charge de fonte fondue de 5 à 10 tonnes (on est allé jusqu'à 15 tonnes) est convertie en acier en un certain nombre de minutes, par la seule opération de lancer de l'air soufflé à travers la masse liquide. C'est en 1856, devant l'association britannique, que Bessemer fit connaître son procédé; puis il le développa en 1859 devant la Société des Ingénieurs civils de Londres. La combustion intermoléculaire du silicium, du carbone et de la plus grande partie du manganèse contenu dans la fonte, élève sa température jusqu'au blanc éblouissant, de façon à obtenir une masse très-liquide de fer presque pur. La rapidité de l'opération en même temps que la grande masse de métal traité réduisent à leur minimum les pertes dues au rayonnement et à la conductibilité, et permettent d'arriver à la température vraiment exceptionnelle qui est obtenue.

Lorsque l'opération est arrêtée, le métal contient au plus 1 millième de carbone, et on ajoute au bain 5 à 8 pour 100 de spiegeleisen, variété de fonte contenant généralement 3 à 4 pour 100 de carbone et 8 à 20 pour 100 de manganèse. En Suède, en Allemagne, etc., on traite, sans addition de spiegel des fontes contenant 2 à 4 pour 100 de manganèse et même plus; l'acier obtenu n'en contient que 1 à 3 millièmes.

La forme primitive que Bessemer a donné à son convertisseur (c'était un cylindre vertical fixe) est loin de ressembler à celle qu'il adopta ultérieurement et qui est toujours en usage; elle se prête merveilleusement à toutes les exigences de l'opération; toutes les manœuvres se font avec une rapidité et une facilité vraiment étonnantes, grâce à la machinerie hydraulique. Le convertisseur Bessemer est aujourd'hui trop connu pour que nous en retracions ici la description.

La pression effective de l'air varie de 1 kilogramme à 1k.7 par centimètre carré (15 à 25 livres anglaises par pouce carré); la combustion intermoléculaire commence par le silicium et le manganèse, avec une petite quantité de fer; la flamme est relativement terne, et des étincelles s'échappent du convertisseur; au bout de quelques minutes, la température s'élève, et le carbone commence à brûler; alors il se produit une flamme dont l'éclat ne peut être comparé qu'à celui du soleil. A la fin de la décarburation, la flamme perd subitement son éclat et des fumées brunes indiquent la rapide combustion du fer. L'opération est immédiatement arrêtée, et le spiegel est ensuite ajouté pour desoxyder le bain.

Lorsqu'on traite des fontes très-manganésifères, la flamme est masquée par une fumée épaisse, et il est très-difficile de déterminer la fin de l'opération par l'inspection de la flamme à l'œil nu; on fait alors usage du spectroscope, en en contrôlant les indications par des prises de scories dont on observe la couleur. L'essai de la dureté des globules de métal puisés avec la scorie est quelquefois employé aussi pour déterminer le moment où il convient d'arrêter l'opération. Avec cette façon de procéder, beaucoup

d'usines parviennent, sans addition de spiegel, à obtenir un métal contenant 3 à 6 millièmes de carbone.

La durée du soufflage des fontes est très-variable suivant leur composition, le degré de décarburation et la pression du vent. On a pu arriver en six minutes, tandis que trente minutes, et même plus, sont quelquefois nécessaires. La température dépend de l'épaisseur du bain, du poids traité et de la composition du métal. En Suède, on a augmenté successivement les charges depuis 1250 jusqu'à 5000 kilogrammes, afin d'obtenir un acier plus chaud; la température de la fonte a une grande importance et doit être étudiée avec soin. Quand à la composition, il a été reconnu que le silicium et le manganèse, plus que le carbone, ont une influence sur la température développée. Suivant Akerman, le pouvoir calorifique du silicium dans une fonte Bessemer serait presque neuf fois plus grand que celui du carbone. Le pouvoir calorifique du manganèse n'a pas été déterminé, mais, de ce fait qu'une fonte contenant 3 pour 100 de manganèse et seulement 0,7 pour 100 de silicium donne une température moyenne, il semble résulter que le manganèse est un des éléments importants pour la chaleur développée dans le procédé Bessemer.

Les proportions ordinaires de substances étrangères dans les fontes Bessemer, sont les suivantes :

Carbone : 2 à 5 pour 100.

Silicium : 0,1 à 1,3 pour les fontes au bois ou manganésifères, et 3,4 et même 5 pour 100 pour les fontes au coke contenant peu ou pas de manganèse.

Manganèse : depuis des traces jusqu'à 4 pour 100.

Plusieurs raisons expliquent la préférence des fondeurs anglais pour les fontes grises siliciées, c'est que d'abord on passe souvent au convertisseur 10 à 20 pour 100 de riblons, et puis il faut considérer que les minerais employés contiennnent peu de manganèse, tandis que les cokes ont des proportions de soufre dépassant quelquefois 1 pour 100. Or pour obtenir la désulfuration il faut, ou bien employer des minerais assez manganésés pour retrouver 2 à 3 pour 100 de manganèse dans la fonte, ou bien marcher au haut fourneau en allure très-chaude, de façon à obtenir des fontes grises très-siliciées.

En Suède et en Allemagne, des essais ont été faits pour marcher à l'air chaud, ou avec de l'air mélangé de charbon de bois en poussière, dans le but de pouvoir employer des fontes froides, mais ces essais n'ont conduit à aucun bon résultat pratique.

En Angleterre, le cubilot est d'un usage général pour la fusion de la fonte; on n'a pas cru jusqu'ici devoir adopter la prise directe de la fonte au haut fourneau, à cause de la difficulté de le maintenir à une allure assez régulière pour produire une fonte de composition à peu près constante et exempte de soufre.

Le déchet au convertisseur Bessemer, est d'environ 9 pour 100 du poids

chargé, lorsque la fonte est prise directement au haut fourneau, tandis qu'il est en moyenne de 14 à 15 pour 100 dans la pratique ordinaire anglaise.

La production journalière d'une paire de convertisseurs est très-variable; elle dépend surtout de la rapidité avec laquelle on peut faire les réparations soit aux tuyères, soit au fond de la cornue, soit à la garniture du convertisseur lui-même (un jeu de tuyères est hors de service après une moyenne de 7 à 8 chaudes). Les derniers perfectionnements consistent dans une série de dispositions de détail, permettant les unes de préparer d'avance des fonds de cornues bien séchés, et de les poser très-rapidement en place des fonds usés; les autres perfectionnements entrés dans la pratique américaine consistent dans la division du convertisseur lui-même en quatre parties, dont des rechanges sont tous préparés d'avance avec leur garniture, de telle façon qu'en très-peu de temps, il est possible d'avoir toute une garniture entièrement neuve. C'est ainsi qu'on est parvenu aux États-Unis jusqu'à 45 à 50 opérations en vingt-quatre heures avec une paire de convertisseurs de 5 tonnes, et à une production de 1 100 tonnes de lingots par semaine de 10 tournées. Avec le vieux système, c'est-à-dire avant l'emploi des fonds de rechange, on ne faisait guère que 6 opérations en vingt-quatre heures avec une paire de convertisseurs.

Ajoutons que la facilité des manœuvres, la puissance des grues, et autres perfectionnements ayant pour but de rendre moins pénible le service des ouvriers, ont aussi une grande influence sur la production journalière qui, dans les différentes usines varie entre les limites maximum et minimum indiquées plus haut.

Pendant la discussion des Mémoires, deux critiques ont été faites, l'une par M. Wilson qui ne peut admettre que 6 minutes puissent être suffisantes pour une opération, alors que, en Angleterre, le temps minimum observé n'a jamais été inférieur à 13 minutes, et l'autre par M. Walker à qui il paraît impossible de faire 45 à 50 opérations en vingt-quatre heures avec 2 convertisseurs; d'ailleurs où serait l'intérêt de n'avoir que 2 convertisseurs puisqu'il faut les mêmes machines, et le même nombre de lingotières que pour 4 convertisseurs faisant la même production; l'économie d'installation se réduirait à une quarantaine de mille francs représentant le coût de deux cornues, tandis que des embarras très-grands, insurmontables même, se présentent pour pouvoir obtenir les 50 opérations.

Dans sa réplique M. Hackney cite des chiffres: En 1874, aux aciéries récemment construites à Iggesund en Suède, le temps normal des opérations Bessemer a été de 9 à 12 minutes avec des charges de 2 tonnes et 1/2, et à Zwickau, une charge de 5 tonnes est convertie en 12 minutes.

En Suède, les opérations durent fort peu, et il est facile de se l'expliquer. D'abord elles se font sans addition de spiegel, c'est-à-dire qu'on arrête le soufflage dès qu'on est arrivé au degré de carburation recherché; et puis les fontes traitées sont faites au charbon de bois, avec des minerais manganésifères; on les obtient ainsi exemptes de soufre, avec très-peu de

silicium et 3 à 4 pour 100 de manganèse; dans ces conditions l'opération doit être très-rapide pour obtenir un acier bien chaud, et c'est là la principale préoccupation des fabricants suédois. Enfin il convient de remarquer que tandis que le silicium exige pour sa combustion plus que son poids d'oxygène, le manganèse n'en a besoin que de ses 3 dixièmes, de sorte que le temps de soufflage nécessaire est beaucoup diminué.

En ce qui concerne la grande production journalière aux État-Unis avec une paire de convertisseurs, M. Hackney fait remarquer que l'outillage secondaire est très-puissant; il y a quatre cubilots capables chacun de fournir six tonnes à l'heure, et desservis par deux poches de 10 à 15 tonnes, de telle sorte que la charge est toujours prête. Trois grues au lieu de deux font le service des lingots, et la place est suffisante pour recevoir le nombre de lingotières correspondant à trois coulées; dans ces conditions, les 50 opérations ne sont pas impossibles. Ainsi, à Troy-Steel-Worhs, à New-York, on a fait le 13 février 1874, 50 opérations ayant produit 267 tonnes de lingots, et dans la première semaine de janvier 1875, en 10 tournées on a fait 1 140 tonnes en 232 opérations, la semaine suivante 1 100 tonnes et 225 opérations, avec une journée exceptionnelle de 55 opérations. Les chiffres sont à peu près les même aux aciéries de North-Chicago, et aux aciéries Cambria; enfin, il est admis aujourd'hui, par M. Holley, que la pratique ordinaire en Amérique est de 30 opérations en 24 heures avec deux convertisseurs. Cette marche forcée est-elle économique, c'est-ce qu'il n'examinera pas, mais une production quelconque est trop grande si elle a pour conséquence de donner un travail moins soigné.

Procédé sur sole.

La fusion de l'acier sur la sole d'un four à réverbère a été l'objet de bien des recherches, mais elle n'est devenue pratique et industrielle qu'avec le four à gaz Siemens, qui a donné une très-haute température limitée seulement par la fusibilité des matériaux réfractaires, et qui a permis d'obtenir la nature de flamme convenable pour l'opération.

Heath a fait breveter, en 1845, la production de l'acier par la fusion de riblons ou éponges de fer, dans un bain de fonte sur la sole d'un four chauffé par des jets de gaz, mais il est douteux qu'il l'ait mis en pratique. Sudre a ensuite obtenu l'acier fondu sur sole, par quantités de deux tonnes, avec l'aide du vent forcé sous la grille, mais au prix de la destruction rapide du four. Siemens, en 1861, a indiqué la convenance de son four à gaz à régénérateurs pour la fusion de l'acier sur sole, et des essais couronnés de succès ont été faits en Angleterre par M. Atwood, et en France par M. Martin.

L'auteur donne ensuite la description, avec dessins à l'appui, de trois formes de four à acier sur sole, le four de Landore, le four qu'il a fait construire tout récemment avec les perfectionnements qu'une pratique de plusieurs années à Landore lui a démontrés, et enfin le four à sole rotative

employé par M. Pernot à Saint-Chamond; puis il énumère les deux procédés principaux, le procédé Siemens-Martin et le procédé Siemens, ou *ore process*, dans lequel la décarburation est obtenue par des charges successives de minerai de fer. Nous ne résumons pas tout ce qui a été dit sur ces différents points devant nos confrères de Londres, puisque la Société des Ingénieurs civils a déjà reçu à ce sujet plusieurs communications importantes.

Les méthodes de fabrication d'acier sur sole sont beaucoup plus variées que celles de fabrication en creusets : la différence essentielle entre les deux mode de travail est que, l'air d'un creuset fermé étant vite absorbé par une partie du carbone contenu dans la charge, celle-ci se trouve alors exposée à une atmosphère neutre ou réductive, tandis que, dans la fusion sur sole, l'atmosphère peut être plus ou moins oxydante, et il en résulte que l'on peut charger des matières contenant beaucoup plus de carbone que n'en doit contenir l'acier à produire.

M. Hackney indique que par le procédé Siemens-Martin on obtient les moyennes suivantes : charges de 5 à 6 tonnes passées en 9 à 11 heures; production de 65 à 70 tonnes de lingots par four et par semaine; consommation de houille 650 à 700 kilogrammes par tonne d'acier produit. On n'emploie que de bonnes matières contenant une faible quantité de soufre et de phosphore, le plus généralement on charge des riblons d'acier Bessemer avec de la bonne fonte d'hématite; les résultats dernièrement obtenus par M. Siemens avec son procédé de traitement direct, et par M. Crampton avec son four à puddler, paraissent démontrer qu'il est possible d'obtenir, avec des minerais ou des fontes du Cleveland, des fers assez purs pour pouvoir être employés à la fabrication d'aciers supérieurs; les communications de M. Boistel sur les procédés Siemens, et de notre ancien président M. Lavalley sur le four Crampton, pourront être consultées avec intérêt.

L'auteur donne quelques détails sur un procédé récemment essayé par M. Blair à Pittsburg (États-Unis), et consistant à réduire le minerai, en éponge de fer, dans une cornue cylindrique verticale, et à fondre ensuite ce fer réduit sur la sole d'un four. Les difficultés qu'a rencontrées M. Chénot, réduction incomplète et lenteur de cette opération, doivent exister pour ce procédé; mais il y a aussi à craindre l'oxydation du métal avant son immersion dans le bain. M. Blair prétend que les insuccès dans la fabrication des éponges de fer doivent être attribués à la faible conductibilité d'un mélange de minerai et de charbon, qui ne permettait pas à la chaleur de pénétrer jusqu'au centre de la cornue, et il pose comme un fait que si le mélange est préalablement porté au rouge, il n'est plus besoin de le chauffer pour obtenir la réduction complète; mais seulement d'empêcher le refroidissement extérieur, parce que la chaleur développée par la combustion incomplète du carbone de réduction, est aussi grande que la chaleur nécessaire pour dissocier le fer et l'oxygène. Ce fait est en contradiction avec les expériences résumées dans un mémoire publié par M. Lowthian Bell. Ce savant ingénieur, présent à la discussion, a de bonnes raisons de penser

que M. Blair est tombé dans l'erreur. Il rappelle que la réduction du minerai dans un haut-fourneau, qui a été l'objet de ses investigations, s'opère par le passage de l'oxyde de carbone à l'état d'acide carbonique, tandis que dans le procédé Blair, la réduction résulte de la conversion du carbone en oxyde de carbone. Dans ce dernier cas, la chaleur développée par le carbone nécessaire à la réduction d'un kilogramme de fer est de 800 calories; mais il faut 1800 calories pour effectuer cette réduction.

Reste la question du chauffage initial qui serait suffisant pour que l'opération se fît seule, mais ce ne doit pas être l'avis de M. Blair, puisque, dans une visite faite il y a quelques mois à son usine, M. Bell a vu que la totalité de l'oxyde de carbone généré par la réduction du minerai, était employée pour le chauffage de l'appareil, et que même on brûlait autour de la cornue annulaire une certaine quantité d'oxyde de carbone, provenant de coke, de telle sorte que l'opération, au lieu de marcher seule, était aidée par une notable dépense de combustible.

En réplique, M. Hackney fait remarquer que les gaz combustibles de la cornue sont brûlés pour opérer le chauffage initial, et que M. Bell n'a pas répondu à ce fait avancé par M. Blair, que les cornues de grand diamètre, donnent proportionnellement plus de rendement que les cornues plus petites, ce qui tendrait à démontrer que la réduction s'effectuait sans absorption de chaleur. Enfin à une observation présentée par M. le docteur Siemens au sujet de la facilité qu'a l'éponge de fer pour absorber le soufre contenu dans le charbon réducteur, l'auteur du Mémoire a répondu que, aux États-Unis, le charbon de bois avait été employé et n'avait pas donné lieu à cet inconvénient; que, au surplus, il suffirait d'ajouter au coke 10 pour 100 de chaux pour fixer tout le soufre, et pour obtenir une éponge métallique aussi pure que si elle avait été obtenue avec le charbon de bois comme réducteur.

Le Mémoire étudie ensuite *l'influence des substances étrangères* sur les propriétés physiques des aciers. Il constate que la fabrication de l'acier devient une industrie purement chimique, basée sur des analyses et expériences, et non plus sur des tours de main ou des procédés secrets; mais l'étude de l'influence des différents corps entrant dans la constitution des aciers, est encore dans l'enfance. Les éléments qui sont connus comme affectant les propriétés du métal sont : le carbone, le manganèse, le soufre, le silicium, le phosphore, le cuivre, le tungstène, et probablement aussi le titane et le chrôme.

Carbone. — Son effet est depuis longtemps reconnu. Lorsque la proportion est petite, pas plus de 1 ½ millième, dans l'acier sensiblement dépourvu d'autres substances, le métal est doux, ductile, malléable et, comme le fer doux, il ne prend pas la trempe. Mais, à partir de 2 à 2 ½ millièmes, le métal devient déjà raide par la trempe; la résistance à la traction et son allongement en sont augmentés sans qu'il devienne cassant, puisqu'il peut être plié sur lui-même sans présenter de criques. Au fur et à mesure que la

teneur en carbone augmente, la résistance à la traction devient plus grande, l'influence de la trempe devient plus marquée, et son allongement avant rupture diminue. A la teneur de 10 à 15 millièmes, l'acier acquiert, suivant Percy, le maximum de dureté combinée avec le maximum de ténacité. Au delà de 15 millièmes, la dureté peut augmenter, mais seulement aux dépens de la ténacité, et lorsqu'on atteint 20 millièmes de carbone, à l'exclusion de toute autre substance, le métal ne présente plus les caractères de l'acier et doit être classé parmi les fontes.

Le *manganèse* a pour effet d'empêcher le métal d'être rouverin, soit parce qu'il élimine l'oxyde de fer comme cela est admis pour le convertisseur Bessemer, soit par sa présence même dans l'acier, dans la proportion de 2 à 3 millièmes; mais, si le métal est sulfureux, cette proportion doit être plus grande pour obtenir la malléabilité à chaud[1].

Le *soufre* diminue considérablement la malléabilité à chaud; les aciers notablement sulfureux sont donc rouverins. L'élimination complète du soufre dans l'un quelconque des procédés de fabrication d'acier, n'est pas encore démontrée; il convient donc de l'éliminer au haut fourneau par la présence du manganèse dans les lits de fusion, et par la marche en laitiers rendus très-basiques par la présence d'une forte proportion de chaux.

Le *silicium* est, comme le carbone, un élément durcissant l'acier, mais il n'est pas évident qu'il lui donne la propriété de la trempe. On doit plutôt admettre que le silicium donne la fragilité, et des aciers pour rails contenant plus de 1 à 2 millièmes de ce corps doivent être considérés comme dangereux. Le silicium aurait une influence sur la présence des soufflures dans les aciers; suivant M. Caron, les soufflures ont été évitées dans la fabrication en creusets, en rejetant l'emploi de creusets en terre qui doivent introduire du silicium dans la fonte, et à Landore on a produit des aciers immanganésés très-sains et exempts de soufflures, en éliminant complétement le silicium. Cependant M. Bessemer a annoncé que la présence de 1/2 millième de silicium coïncidait avec l'absence de soufflures. En somme, l'action du silicium sur les propriétés physiques des aciers est loin d'être élucidée.

Le *phosphore* durcit l'acier et le rend fragile à froid; il ne paraît pas affecter la forgeabilité de l'acier à la chaleur rouge. On n'est pas encore parvenu à éliminer ce corps, soit au Bessemer, soit au four Siemens-Martin, ni même au haut-fourneau. Il faut pour cela avoir recours aux fours à puddler, et principalement aux fours mécaniques, de M. Crampton ou autres,

1. Les résultats d'expériences communiqués par M. Euverte, en 1875, au Congrès de la Société de l'Industrie minérale à Saint-Étienne, après les séances de Londres, semblent démontrer que :

1° Le manganèse durcit l'acier, en augmentant la charge de rupture et en diminuant l'allongement;

2° Le manganèse permet de laisser du phosphore (environ 40 pour 100 du manganèse contenu), tout en donnant de bons aciers non trempés ou trempés au rouge vif.

dans lesquels les fontes sont traitées à haute température en présence d'une garniture basique.

Mais les inconvénients de la présence du phosphore dans les aciers sont atténués, sinon supprimés, par la loi qui a été mise en pratique à Terre-Noire, et qui consiste à diminuer d'autant plus la teneur en carbone, que la proportion de phosphore est plus grande; mais il faut rester dans de certaines limites, et ne pas aller au delà de 3 millièmes de phosphore contre 16 dix-millièmes de carbone, pour obtenir de bons rails en acier. En descendant à 1 ½ millièmes de phosphore, on obtient de bonnes tôles à chaudières qui peuvent être pliées sur elles-mêmes après trempe à l'eau au rouge.

Le *cuivre*, à la proportion de 5 à 10 dix-millièmes, produit l'état rouverin; mais il se rencontre rarement dans l'acier.

Le *tungstène* augmente la dureté et la ténacité de l'acier à outils. Des crochets de tour ont donné de très-bons résultats, avec une teneur de 11 millièmes de tungstène.

Passant ensuite au meilleur mode de couler et de travailler les lingots, M. Hackney remarque que les opinions sont très-diverses sur ce point. D'abord, vaut-il mieux marteler les lingots avant de les porter au train finisseur, ou bien est-il préférable de les passer de suite dans des cannelures dégrossisseuses? Ce dernier système a été adopté dans la pratique la plus moderne, mais avec cette condition que la réduction soit faible d'une passe à l'autre, afin de ménager le métal jusqu'au moment où sa malléabilité sera augmentée par le travail.

Avec un laminoir à 3 cylindres de 0,76 de diamètre, faisant 40 à 45 tours par minute, et munis de releveurs Fritz opérant en même temps le retournement mécanique du lingot, on arrive avec deux hommes et un gamin, en 3 ½ à 4 minutes, à passer le lingot dans 16 à 18 cannelures, de façon à l'amener de 0,36 de côté à 0,18.

Le laminoir dégrossisseur de Ramsbottom, formé de segments de grand diamètre, n'est employé que pour des lingots ne dépassant pas le poids de 350 à 400 kilogrammes. M. Ed. Williams pense que le meilleur système pour Blooming, consiste en deux trios mis l'un devant l'autre de façon à ce que un seul passage corresponde à deux cannelures. C'est ainsi qu'il en construit un pour rails, à 2 ou 3 longueurs.

L'auteur donne des détails sur les laminoirs finisseurs; il serait trop long de les indiquer ici; qu'il nous suffise de dire que la tendance générale est d'actionner directement le train par la manivelle de la machine à vapeur, sans engrenages intermédiaires, que deux types de trains à rails sont les plus répandus aujourd'hui, les duo-reversing et les trios ordinaires.

On reproche aux premiers d'occasionner une grande dépense de vapeur, et de ne pas se prêter à de grandes vitesses, puisqu'on ne marche guère qu'à 30 ou 40 tours par minute, tandis que avec les trains à trois cylindres

la vitesse est généralement de 60 à 80 tours; mais les duo-reversing ont l'avantage de supprimer le relèvement de la barre, et de se prêter très-bien à un arrêt immédiat en cas d'accident, et en même temps qu'ils mettent mieux les défauts en vue. Somme toute, les trios paraissent préférés aujourd'hui, et parmi eux deux types finisseurs doivent être remarqués; les uns sont adoptés en Angleterre et sur le continent européen, les autres ont été mis en pratique aux États-Unis. La différence essentielle consiste en ce que, dans les trains européens, le cylindre intermédiaire est alternativement mâle et femelle, tandis qu'en Amérique il est mâle par rapport aux deux autres, de telle sorte que la plaque de garde est renversée et à contre-poids pour le cylindre supérieur.

Les avantages du trio américain se traduisent par une économie de temps et de main-d'œuvre, puisqu'on n'est pas obligé de faire demi-tour après chaque passage, et de plus, la longueur de la table est bien mieux utilisée aux États-Unis en raison de ce que les collets des cannelures sur les cylindres supérieur et inférieur sont sur la même verticale; il en résulte que, pour une même longueur de table, il existe sept cannelures au trio américain et cinq seulement dans les trios européens [1].

L'auteur donne ensuite quelques détails sur le mill à quatre cylindres de Brown, qui est composé de deux duos ordinaires, et placés à côté l'un de l'autre, et sur le système Lauth pour le laminage des tôles avec un trio, dont le cylindre intermédiaire est de petit diamètre.

Dans sa communication sur les *Rails en acier Bessemer*, M. J.-T. Smith a fait connaître une méthode fort simple, mise en pratique à l'usine de Barrow, pour essayer les rails avant leur réception et emploi. Cette méthode consiste à poinçonner les trous d'éclisse avec une machine enregistrant l'effort exercé à chaque coup de poinçon et à noter pour chaque rail l'indication de la machine; d'ailleurs, au delà d'un certain chiffre, le poinçon cassera et le rail sera rejeté. L'épreuve s'exerce ainsi sur chaque rail individuellement, sans compromettre ni altérer la qualité du métal et la forme de la barre.

M. Smith expose les résultats d'expériences qui ont été l'origine de la méthode d'essai; ces résultats ont indiqué que les meilleurs rails Bessemer faits à Barrow, étaient ceux qui, contenant 3 millièmes de carbone, ont présenté une résistance à la traction variant entre 49 et 52 kilogrammes par millimètre carré, et c'est à ces chiffres que correspondent à la fois la plus grande sécurité et la plus faible usure. En dessous de 49 kilogrammes l'u-

1. Les Membres de la Société que l'étude de la pratique américaine intéresserait plus particulièrement, trouveront des détails dans la *Revue de Liége*, 1re livraison de 1875.

sure est trop grande, mais au delà de 53 à 55 kilogrammes, le rail doit être rejeté comme trop dur et sujet à rupture. Avec une résistance à la traction inférieure à 53 kilogrammes on obtient une sécurité parfaite, parce qu'il n'y a pas eu un seul exemple de fracture dans ces conditions.

Les expériences ont été principalement faites sur des rails fournis par l'aciérie de Barrow à la Compagnie du chemin de fer de Furness, et déposés après huit ans de service, dont six ans sur un champignon et deux ans sur l'autre. Il convient d'ajouter que ces rails pesaient primitivement 36 kilogrammes le mètre et qu'ils avaient servi sur un point de grand trafic avec rampe de 12 millimètres par mètre. Les rails doux, ayant une résistance de 47 à 53 kilogrammes, ont accusé une perte moyenne de poids de 13 ½ pour 100, tandis que les rails plus durs (58 à 67 kilogrammes) ont conduit à une perte de 15 pour 100. Donc, contrairement aux prévisions, ce sont les rails moins durs qui ont donné la plus faible usure.

Dans le cours de sa communication, M. Smith a eu l'occasion de citer des faits d'expérience qu'il serait intéressant de pouvoir reproduire; qu'il nous suffise de signaler que : 1° Le poinçonnage des trous a déterminé une zone de métal détérioré, ne dépassant pas 2 ½ millimètres d'étendue, de telle sorte qu'on peut sans inconvénient poinçonner à un diamètre plus faible, sauf à l'agrandir par l'alésage, et on se trouve ainsi dans les mêmes conditions finales que si le trou avait été percé au foret. Barrow a expédié au Canada plus de 100,000 tonnes de rails traités de cette manière ; 2° l'effort pour le poinçonnage a augmenté en progression arithmétique exacte, avec l'épaisseur du métal et, pour un trou de 22 millimètres de diamètre, la force requise a été d'environ 2,500 kilogrammes par millimètre d'épaisseur.

Il va sans dire que des expériences préalables faites avec soin ont donné la relation entre l'effort observé à la presse et la résistance à la traction; et à l'appui, les analyses ont été faites pour déterminer la teneur en carbone. En résumé, l'opinion de M. Smith est que, avec des soins dans la fabrication et avec un choix judicieux des matières, des rails d'acier Bessemer peuvent être produits de qualité à peu près constante, et que l'essai par le poinçonnage est un index aussi certain que la teneur en carbone, la résistance et la ductilité.

M. Price Williams n'a pas été d'accord sur ce point avec M. Smith parce que, s'il a bien tenu compte des proportions de carbone, il a négligé de doser le silicium et le manganèse qui ont une très-grande influence; quant à lui, l'expérience lui a démontré que le rail dur était le plus durable.

Le docteur Pole trouve la méthode d'essai très-ingénieuse et simple, mais cependant il ne croit pas que cette façon de déterminer la dureté par le poinçonnage, soit la meilleure; il préfère la méthode employée en Amérique, consistant à mesurer la pénétration plus ou moins grande d'un poinçon de forme pyramidale soumis à une pression connue.

M. Sandberg donne des renseignements sur la qualité qui, d'après la pratique convient le mieux aux climats froids, comme la Russie et la Suède.

Il faut des aciers de qualité assez doux et aussi peu phosphoreux que possible; il convient dans ces pays de rejeter complétement les aciers durs.

Je n'ai parlé que très-brièvement des propriétés physiques et mécaniques des aciers, élasticité, allongement proportionnel, résistance à la traction, etc., puisque notre collègue, M. Marché, a eu l'occasion d'en entretenir la Société à plusieurs reprises et de reproduire en grande partie les renseignements apportés sur ce point à l'institution des Ingénieurs civils de Londres.

Cependant j'appellerai l'attention sur la grande influence qu'exercent sur les aciers, le *traitement mécanique* d'une part et le *recuit* d'autre part.

Pour montrer combien la nature des opérations mécaniques auxquelles le métal est soumis modifie ses propriétés physiques, je citerai, d'après le docteur Percy et M. Cowper, que des fils d'acier auraient résisté jusqu'au chiffre surprenant de 180 à 200 kilogrammes de traction par millimètre carré. M. Siemens a eu l'occasion de citer une expérience faite sur de l'acier à 4 millièmes de carbone avec une résistance, en barres, de 55 kilogrammes qui, après étirage en fil et après trempe à l'huile, ne s'est rompu que sous un effort de traction correspondant à 157 kilog. par millimètre. Enfin le docteur Pole a fait remarquer que l'influence de l'étirage en fils s'exerce aussi sur le fer, et il pense que, pour un même métal, la résistance à la traction est doublée, alors que l'allongement proportionnel se trouve réduit à 1 $\frac{1}{2}$ pour 100.

En cours de la discussion, M. Wilson a fait ressortir l'importance du recuit, et, quant à lui, il n'emploierait jamais une tôle d'acier pour chaudière, etc., si elle n'avait été recuite avec soin en sortant du laminoir, et, à cet effet, on installerait à côté d'un train-tôles, 3 à 4 fours à recuire pouvant contenir chacun la production d'une journée au train. L'importance du recuit a été signalée dans une discussion entre M. Hawkshaw et MM. Bramwell, Barlow et Pole, sur l'opportunité, pour le gouvernement anglais, d'étudier et de tracer les conditions de l'emploi de l'acier dans les constructions de ponts, navires et autres. Cette opportunité, défendue par MM. Hawkshaw et Smith, a été combattue par les trois autres membres qui ne partagent pas leur confiance dans l'acier, tel qu'il a été obtenu jusqu'ici, et qui, s'appuyant sur les nombreux cas de rupture de pièces d'acier travaillées, comprennent et partagent l'hésitation des membres du Board-of-Trade[1].

1. Il n'est pas hors de propos de signaler ici la circulaire envoyée le 11 mai 1876 aux arsenaux français, par M. le Ministre de la marine, sur la classification, l'emploi et les épreuves des tôles, cornières et barres profilées en acier.

Sur ce sujet, M. Crampton a signalé que de l'acier résistant en barres à 50 kilogrammes, ne présentait plus, après les opérations de poinçonnage et de rivetage, qu'une résistance de 22 kilogrammes par millimètre, alors que les fers les plus communs, 28k.5 par millimètre, ont présenté, après assemblage, une résistance de 27 kilogrammes. M. Crampton paraît en conclure qu'il faudrait donc corriger les effets du poinçonnage par des opérations spéciales, et notamment par le recuit. Quant à M. Hackney, il n'emploierait aucune tôle ou cornière d'acier qu'après s'être assuré qu'elle peut supporter le pliage complet ou presque complet sans criques, alors qu'elle aurait été plongée dans l'eau à la sortie du laminoir, puis réchauffée au rouge et retrempée. Après ce traitement, la plus grande sécurité serait obtenue.

Il est un point sur lequel tous les ingénieurs anglais sont tombés d'accord, c'est l'utilité d'avoir un laboratoire de chimie dans chaque fabrique d'acier. Il faut, pour marcher avec certitude, demander à chaque instant l'aide de l'analyse chimique qui, dans l'opinion de quelques membres, est appelée prochainement à indiquer, dans une très-grande mesure, les propriétés physiques des aciers.

TABLE DES MATIÈRES

PARIS. — IMP. VIÉVILLE ET CAPIOMONT, 6, RUE DES POITEVINS.

41° | 40° 30 | 40° 30 | 40° | 40°

EXPLICATION

Granit — Terrain Silurien — g Terrain cuaternaire ou diluvien

b Gneiss — id. cretacé — Alluvions anciennes et modernes

c Micaschistes — f Id. tertiaire — Tourbe

Capitale
Ville
Village
Chemin de Fer
Grande Route
Route 3me Ordre en Construction
id. id. projet approuvé
id. id. à l'Etude
id: id. Projet à faire
id de 2me Ordre projet approuvé
id. de 3me Ordre faite

MINES ANCIENNES

Plomb........Pb.
Argent........Ag.
Cuivre........Cu.
Manganèse........Mu.
Fer........Fe.
Arsenic........As.
Zinc........Zu.
Plomb argentifère........Pb. Ag
Or........Au.
Pyrite arsenicale........SAs.
Pyrite arsenicale argentifère..SAs. Ag.
Antimoine........Sb.
Sulfate de Soude........SO^3 Nao.
Sel ordinaire........Cl Na.

Les Mines modernes portent le suivant signe ⚒

ig. 21. Tra

1

40

10

90

0,35

égo
du
EMI

geur
Id.,
strie
geur
Id.
stier
geur
strie
geur
strie
Id.
geu
Id.
Id.
aux
strie
Id.
geur
Id.
Id.
Id
Id.
Id.
Id.
Id.
Id.
Id.
Id.
Id.
Id.
Id.
Id
Id
Id
Id
Id
ustr
Id
Id
yage
Id
Id
Id
Id
Id

NUMÉRO D'ORDRE.	PAYS.	LIGNES.	Catégo[rie] du CHEMI[N]
46	Autriche-Hongrie.	Lambach-Gmünden.	Voyageu[r]
47	—	Ebensee-Ischl.	Id..
48	—	Domaine du Banat (Staatsbahn).	Industrie
49	—	Banrève-Nadasd.	Voyageu[r]
50	—	Altsol-Schemnitz.	Id.
51	—	Chemin à rails en bois près Agram... ..	Forestier
52	Prusse.	Broelthal (Prusse Rhénane).	Voyageu[r]
53	—	Embranchement de mines en Silésie.	Industrie
54	Italie.	Turin-Rivoli.	Voyageu[r]
55	Sardaigne.	San-Leone.	Industrie
56	—	Montepone.	Id.
57	Suisse.	Lausanne-Échallens.	Voyageu[r]
58	—	Rigi-Kaltbad à Rigi-Scheideck.	Id.
59	—	Société des chemins secondaires.	Id.
60	—	Matériel pour terrassements. Nord, Est...	Travaux
61	Grèce.	Ergastiria. Mines du Laurium.	Industri[e]
62	Portugal.	Porto à Povoa de Varzin.	Id.
63	Empire Britannique. Inde.	Nalhak et Arimgunje.	Voyageu[r]
64	—	Rajputana (Delhi) à Rewray, etc.	Id.
65	—	Id. Agra à Nusserabad.	Id.
66	—	Holkar.	Id
67	—	Northern-Bengal.	Id.
68	—	Lignes diverses.	Id.
69	Australie.	Queensland.	Id.
70	—	Australie du Sud (Adélaïde).	Id.
71	Nouvelle Zélande..	Dunedin et Port Chalmers.	Id.
72	—	Lignes diverses.	Id.
73	Gouvernement du Cap..	Gouvernement du Cap de Bonne-Espérance.	Id.
74	Canada (Dominion of).	Toronto-Crey et Bruce.	Id.
75	—	Toronto-Nipissing.	Id.
76	—	Lignes diverses.	Id.
77	États-Unis.	Denver et Rio-Grande.	Id
78	—	New-Mexico.	Id
79	—	Lignes diverses.	Id.
80	Amérique centrale.	État de Costa-Rica.	Id
81	Venezuela.	Bolivar Ry.	Id
82	Pérou.	Patillos.	Industr[ie]
83	—	Lignes diverses.	Id
84	Chili.	Lignes diverses.	Id.
85	Bolivie.	Madeira-Marmoré.	Voyage[ur]
86	Brésil.	Canta-Gallo (système Fell).	Id.
87	—	Jonction de Bahia à San Francisco	Id.
88	—	Lignes diverses.	Id
89	Havane.	Matanzas.	Id.
90	Java.	Batavia-Buitenzorg.	Id.

Principales conditions d'établissement de chemins à voie étroite.

[M]archandises.	Prix d'établissement par kilomètre.			NUMÉRO D'ORDRE.	OBSERVATIONS ET RENSEIGNEMENTS DIVERS.
TONNAGE CHARGEMENT. (tonnes.)	CHEMIN. (francs.)	MATÉRIEL. (francs.)	TOTAL. (francs.)		
					Voir l'Annexe n° 3.
2.8	»	»	86.000	46	
»	»	»	»	47	
»	»	»	»	48	
»	»	»	»	49	
»	»	»	»	50	
»	»	»	»	51	
5.0	»	»	25.200	52	Sur le bord d'une route.
»	»	»	»	53	
»	35.500	21.000	56.500	54	Sur le bord d'une route.
3.5	»	»	»	55	
5.0	59.000	11.000	70.000	56	
»	»	»	»	57	Sur le bord d'une route.
»	»	»	»	58	
7.0	»	»	120.000	59	
»	»	»	»	60	
6.0	51.500	19.000	70.500	61	
»	»	»	»	62	
»	»	»	17.000	63	
7	»	»	74.000	64	
	»	»	88.000	65	
	»	»	178.000	66	
	»	»	113.000	67	
»	»	»	»	68	
»	»	»	»	69	
5.0	»	»	»	70	
7.0	»	»	»	71	
»	»	»	»	72	
»	»	»	»	73	
10.0	40.000	7.000	47.000	74	
»	37.500	9.500	47.000	75	
»	»	»	»	76	
9.0	»	»	46.000	77	
»	»	»	27.000	78	
»	»	»	»	79	
»	»	»	»	80	
»	»	»	»	81	
6.0	»	»	»	82	
»	»	»	»	83	
4.5	»	»	»	84	Renseignements pour le Carizel (35[k]).
»	»	»	62.500	85	
»	»	»	»	86	
»	»	»	»	87	
»	»	»	»	88	
»	»	»	»	89	
»	»	»	»	90	

Paris. — Imp. Viéville et Capiomont, 6, rue des Poitevins.

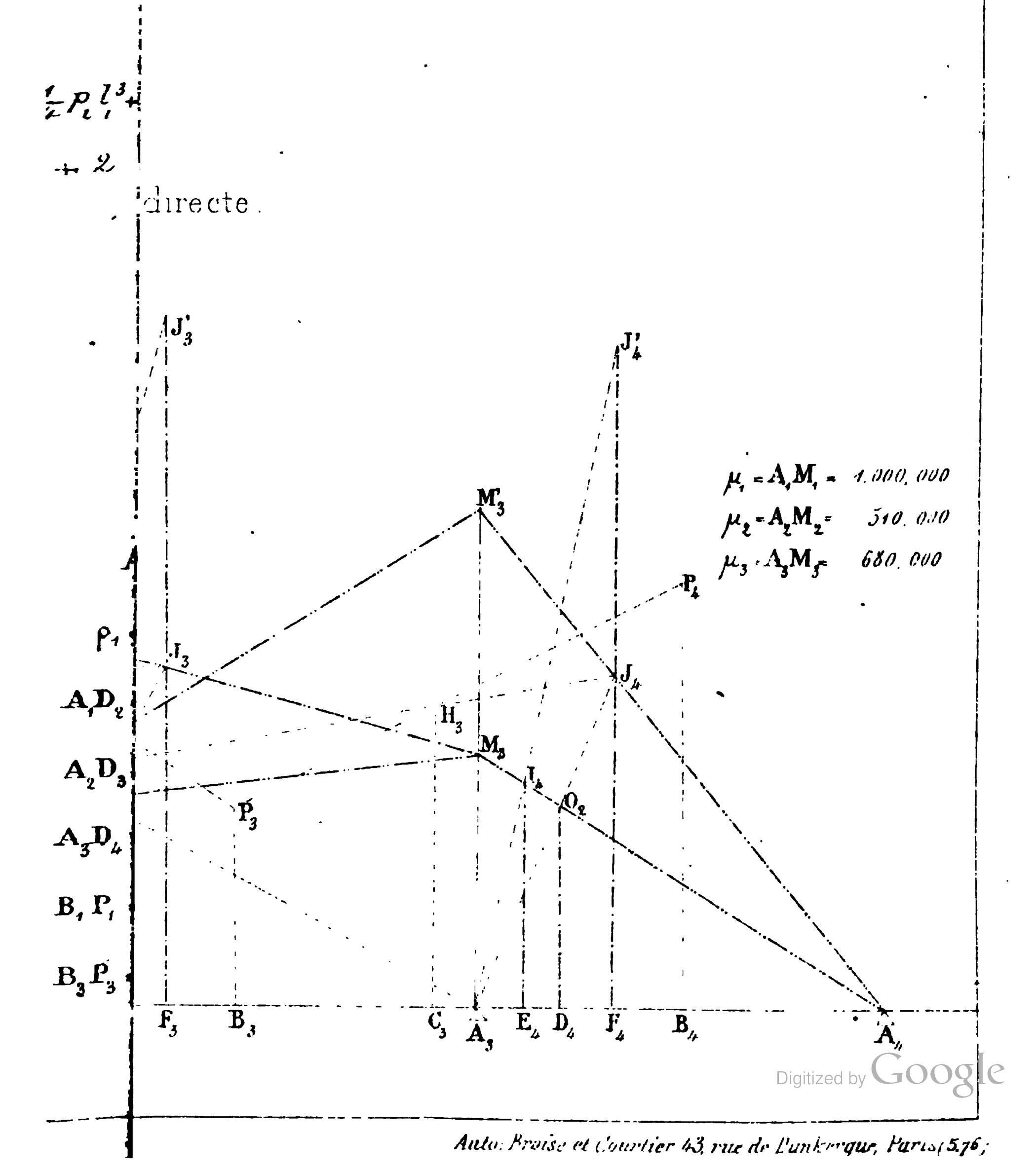
56 à 1869 inclus

PLOMB ET CUIVRE.	CUIVRE ET FER.	
»	»	
»	»	
»	46	
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	et p cui
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	
»	»	a tr 5
3.000	»	
»	»	
»	200	
»	»	
»	»	

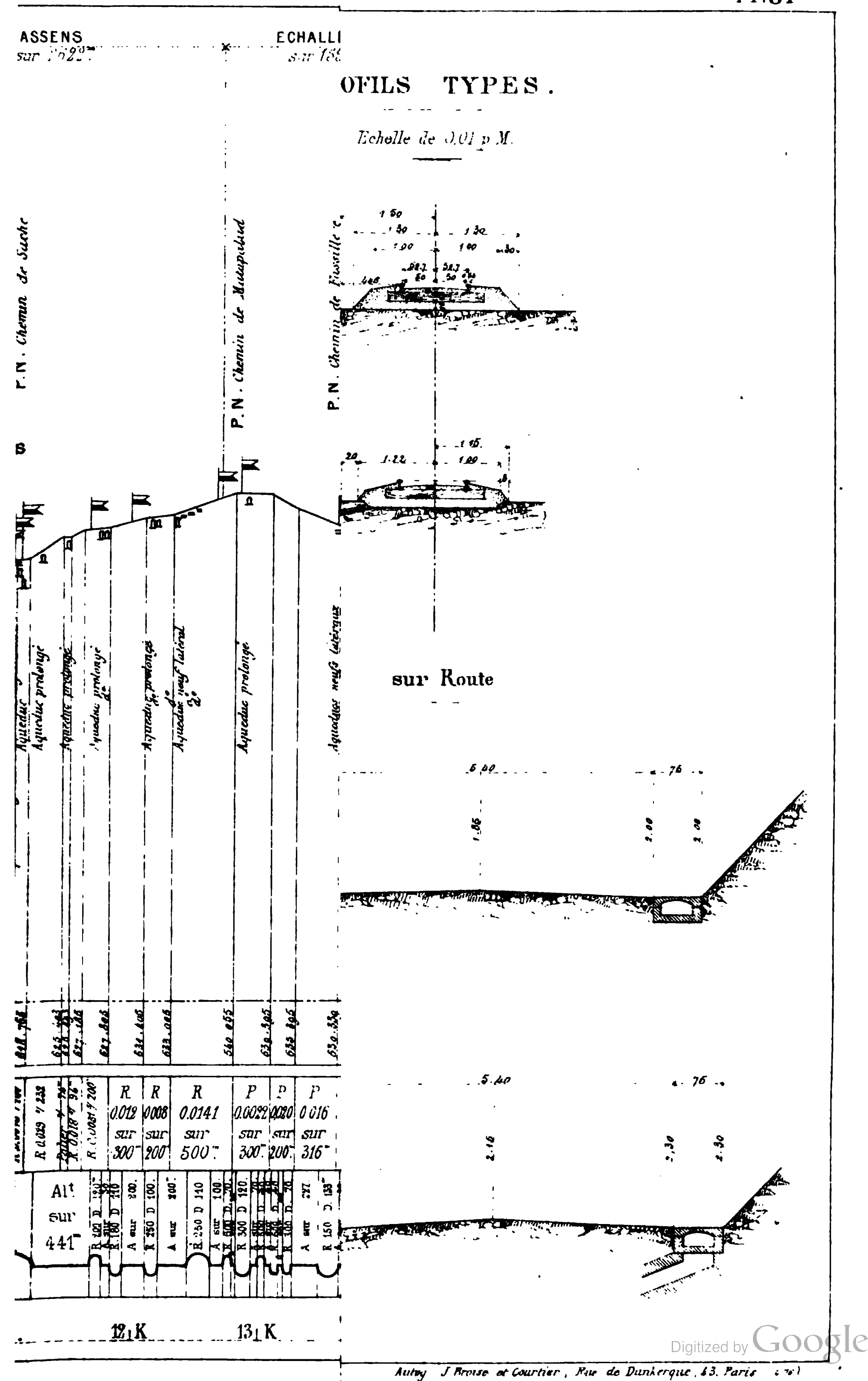
rie	archand
N.	TONN CHARGE (tonn
	2.
rs.	»
..	»
l.	»
rs.	»
..	»
..	5.
rs.	»
el.	»
rs.	3.
el.	5.
..	»
rs.	»
..	7.
..	»
..	6.
el.	»
..	»
rs	
.	
.	
.	
.	»
.	»
..	5
..	7
..	
..	
..	10
..	
..	9
..	
..	
..	
..	
..	6
ie	4
..	
.	
u	
.	
.	
.	
.	
.	

ion graphique des moments de flexion
is d'une poutre à plusieurs travées solidaires.
(*Séance du 21 Avril 1876.*)

directe.



Auto. Broise et Courtier 43, rue de Dunkerque, Paris (5.76)

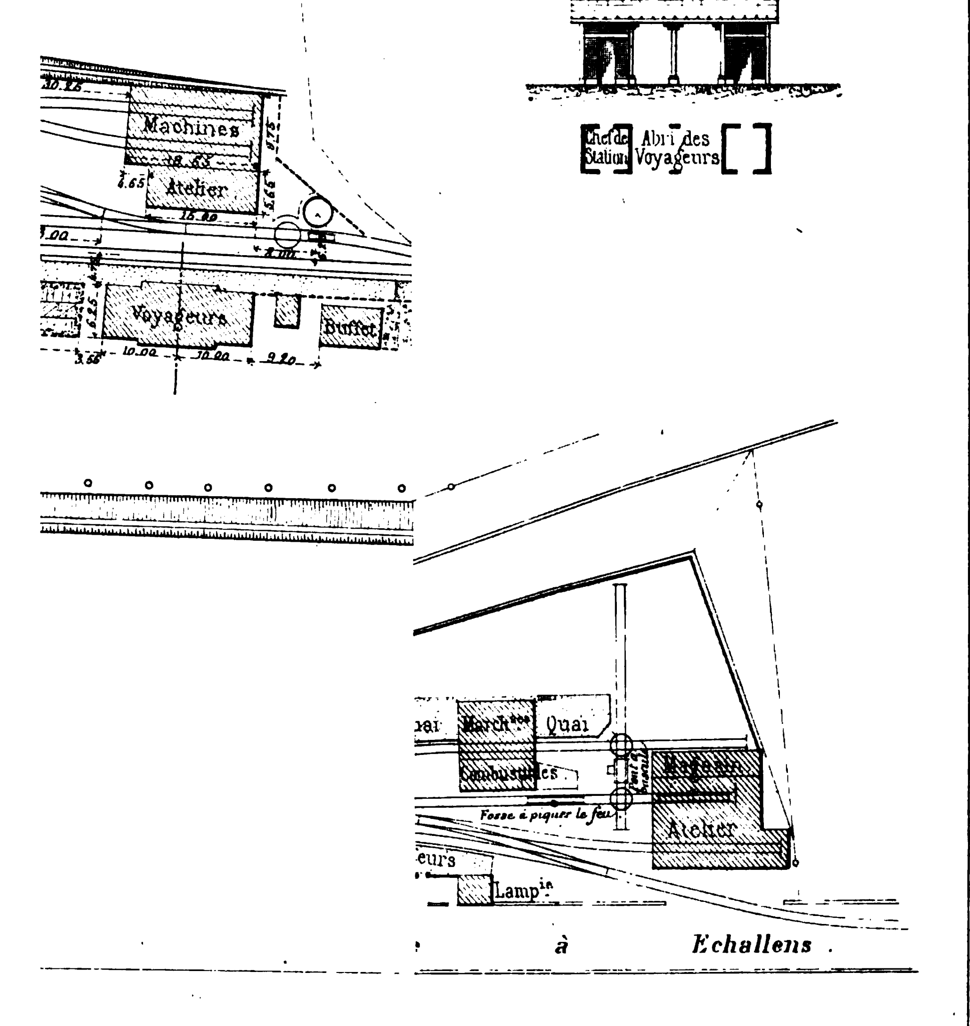


Autog. J. Broise et Courtier, Rue de Dunkerque, 43. Paris

sanne.

l p.m.

Station intermédiaire.



Auto. J. Broise et Courtier. 43, R. de Dunkerque. Paris (576)

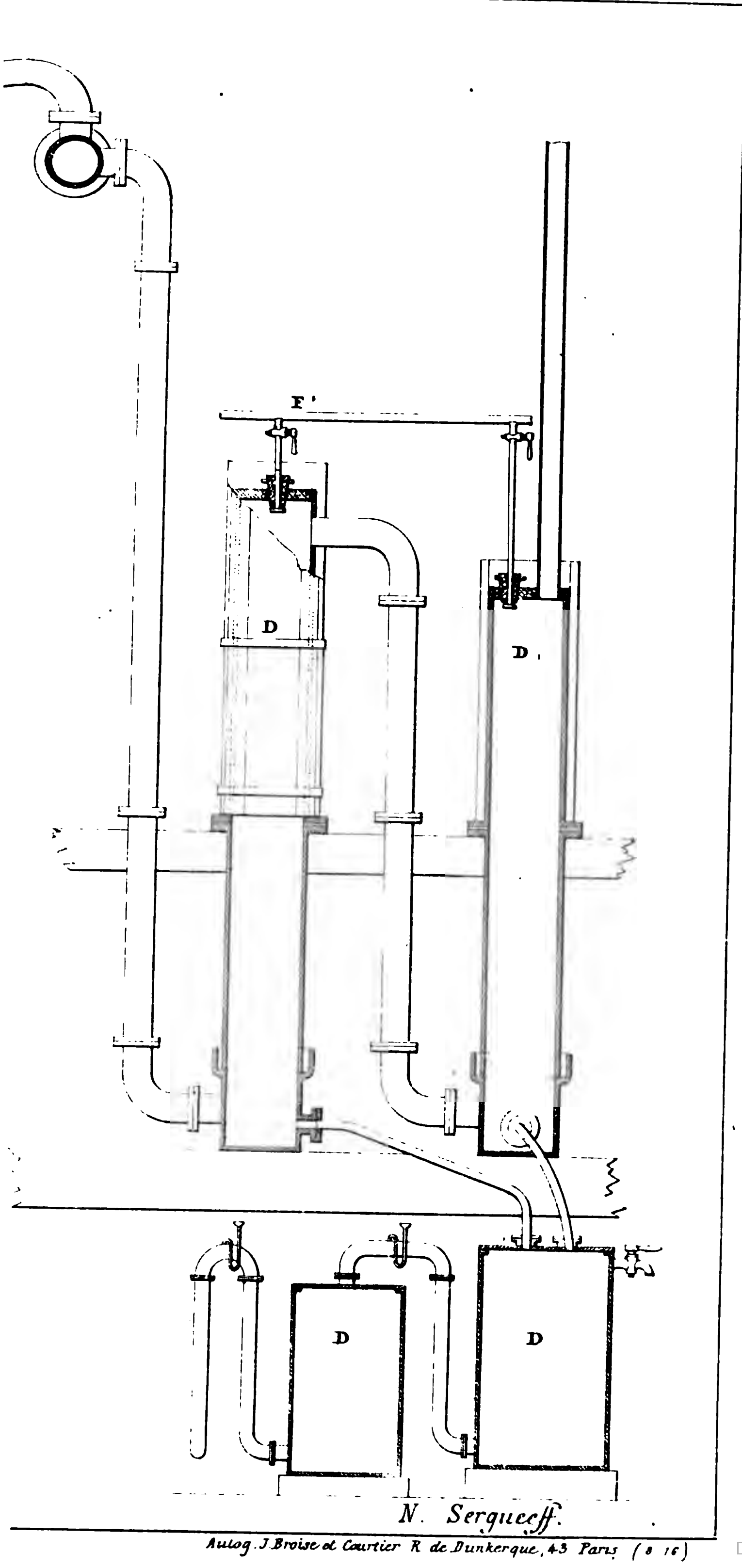
Di

Poulie de Belle-Fleur.

Coupe AA

Ech. 0.033 p. m.

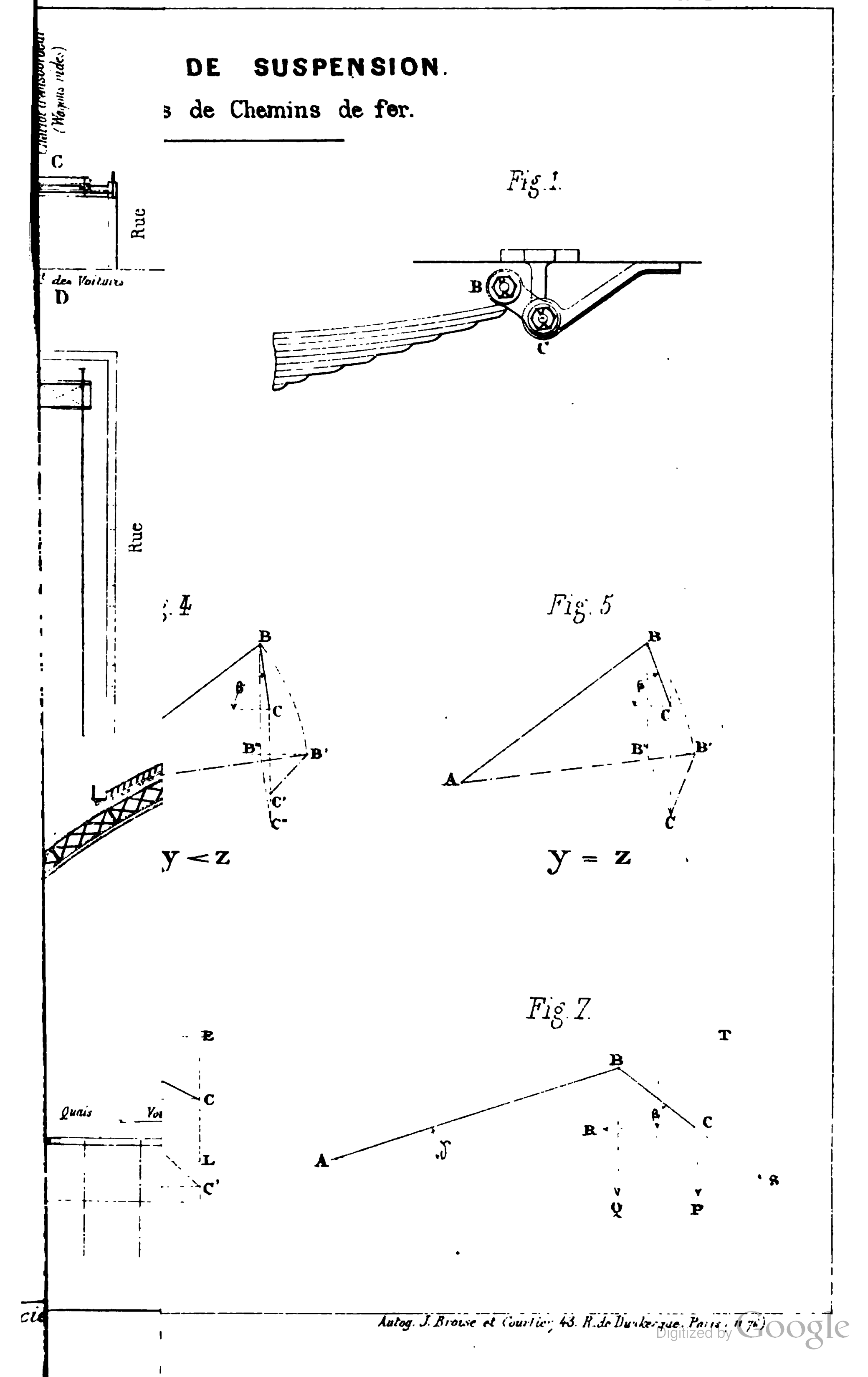
Autog. J. Broise et Courtier, 43 r. de Dunkerque à Paris. (6.76)



Autog. J. Broise et Courtier R. de Dunkerque, 43 Paris (8 16)

DE SUSPENSION.

s de Chemins de fer.



Autog. J. Brouse et Courtier, 43. R. de Dunkerque. Paris.

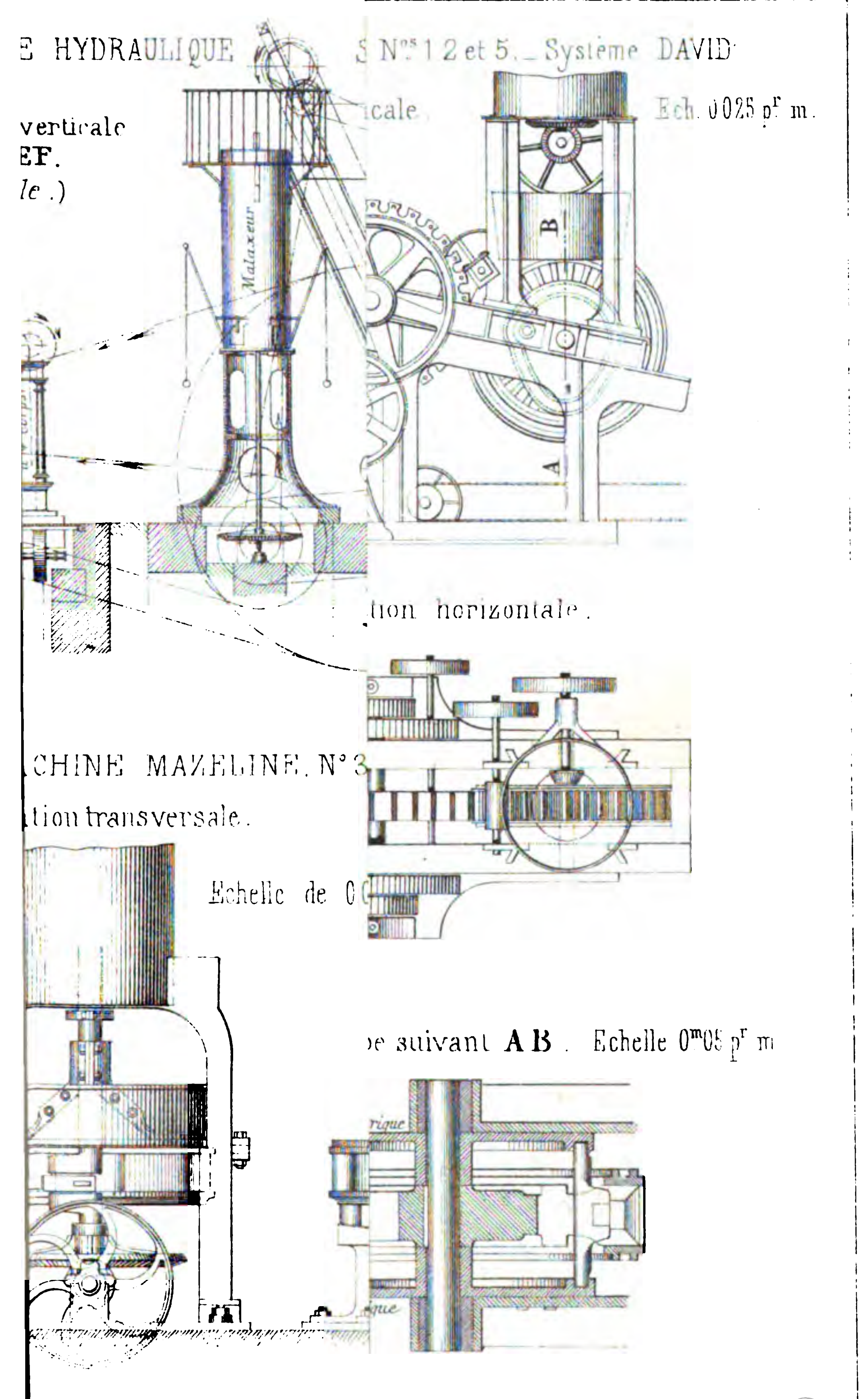
Fig. 8

Port de Dieppe.

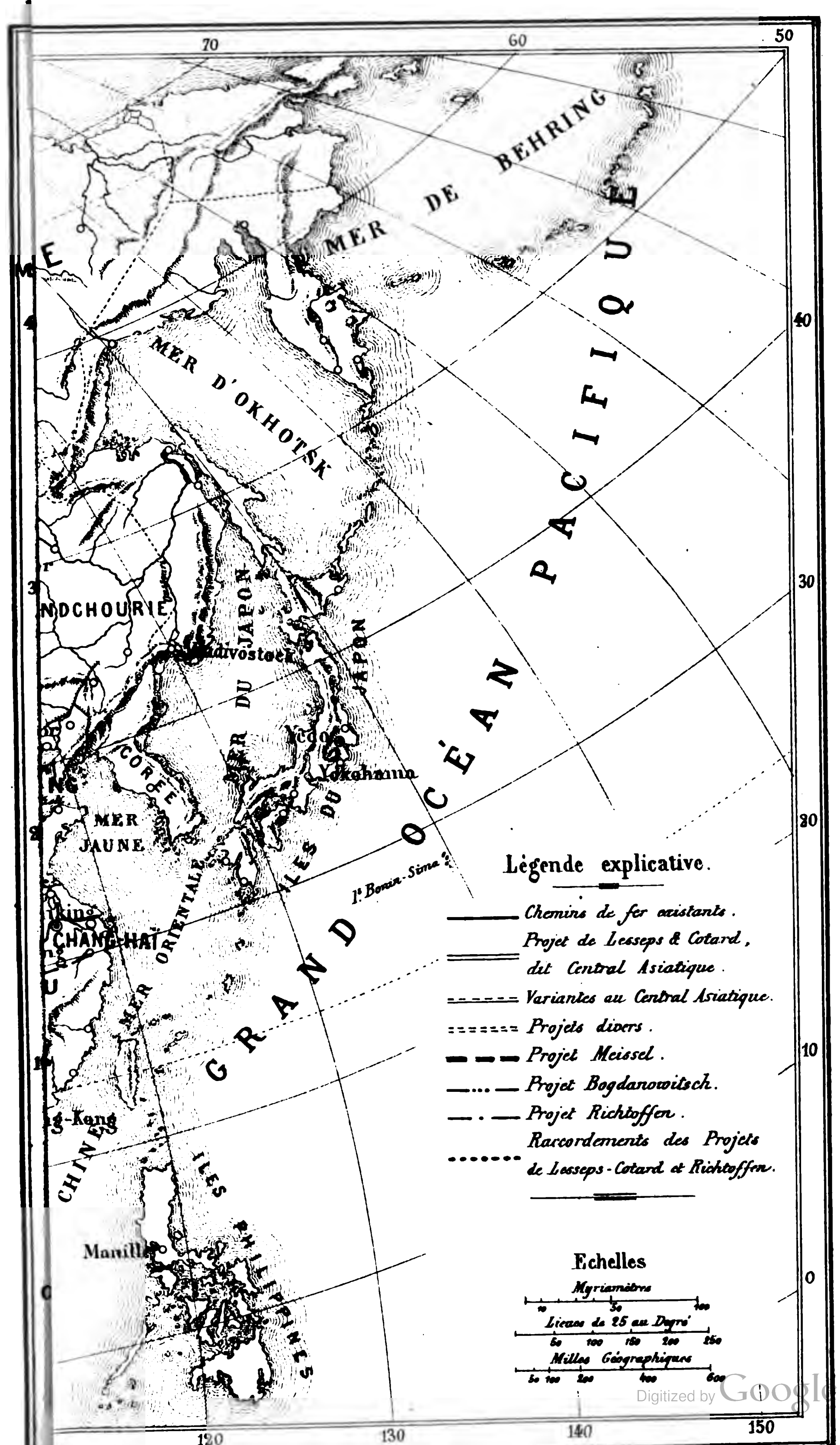
employée pour les voies longeant les Bassins

Fig. 9

Autog. J. Broise et Courtier, 43 R. de Dunkerque Paris



Auto. J. Broise et Courtier R. de Dunkerque 43, Paris



Auto. J. Broise & Courtier, 43, R. de Dunkerque, Paris

